

Морской



№3(67)
сентябрь
2018
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



85 ЛЕТ
АЛМАЗ
Судостроительная фирма



**ПАО «Судостроительная фирма «АЛМАЗ» - лидер
Российского среднего и малотоннажного кораблестроения,
надёжный и стабильный партнёр на международном рынке.**



ФРЕГАТ «АДМИРАЛ ФЛОТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА ГОРШКОВ» ВОШЕЛ В СОСТАВ ВМФ РОССИИ

АО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. (812) 784 8274

28 июля на «Судостроительном заводе «Северная верфь» состоялась торжественная церемония подъема Андреевского флага на головном фрегате «Адмирал Флота Советского Союза Горшков». В состав ВМФ РФ вошел один из самых современных кораблей в мире по составу вооружения и технических средств.

Фрегат 1-го ранга пр. 22350 предназначен для ведения боевых действий в океанской зоне против надводных кораблей и подводных лодок противника, отражения атак средств воздушного нападения самостоятельно и в составе соединения кораблей. Благодаря оригинальной архитектуре надстройки у кораблей снижена отражающая поверхность, что понижает их радиолокационную заметность. 26 июля на «Северной верфи» государственная комиссия под председательством капитана 1 ранга Виктора Иванова подписала приемный акт государственных испытаний фрегата «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» пр. 22350, зав.№ 921.

Проект разработан Северным проектно-конструкторским бюро. На корабле установлено более двух десятков новейших образцов техники и вооружения. «Вследствие инновационности корабль нуждался в продолжительной отладке работы систем нового поколения. Сейчас достигнут результат, когда все корабельные системы и механизмы, комплексы вооружения надежно работают, – рассказал генеральный директор Северной верфи Игорь Пономарев, – Военно-Морской Флот России получил сегодня новейший образец техники, не имеющий мировых аналогов. Фрегат представляет собой мощную боевую единицу, которую в ближайшие несколько лет дополняют еще три фрегата этой же серии – «Адмирал флота Касатонов», «Адмирал Головкин» и «Адмирал Флота Советского Союза Исаков».

Контракт на строительство фрегата пр. 22350 был заключен Министерством обороны РФ с «Северной верфью» в 2005 г. Головной корабль был торжественно заложен 1 февраля 2006 г., спущен на воду 29 октября 2010 г. Он представляет четвертое поколение отечественных кораблей-носителей управляемого ракетного оружия.

Фрегат – первый крупный надводный боевой корабль дальней морской зоны, полностью спроектированный в Российской Федерации с применением стелс-технологий. Он оснащен современным оружием и обладает отличными мореходными качествами, способен успешно действовать в любой точке Мирового океана.



На торжественной церемонии подъема флага. Слева направо: генеральный директор АО «Северное ПКБ» А.А. Дьячков, главный советник президента АО «ОСК» по военному кораблестроению В.В. Чирков, главный советник генерального директора АО «Северное ПКБ» В.И. Спиридопуло



Корабли пр. 22350 и их дальнейшее развитие – пр. 22350М – составят основу корабельных группировок ВМФ России в Арктической зоне, Атлантике и Средиземном море.

Согласно приказу главкома ВМФ, фрегат пр. 22350 «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» включен в состав 43-й дивизии ракетных кораблей Северного флота. Заместитель главкома ВМФ по вооружению вице-адмирал Виктор Бурсук сообщил, что Северное ПКБ уже приступило к созданию проекта модернизированных фрегатов пр. 22350М, количество кораблей в серии планируется гораздо большим, чем базового проекта. Первый модернизированный фрегат флот рассчитывает получить в 2026 г.

Основные тактико-технические характеристики фрегата пр. 22350

Водоизмещение, т.....	ок. 5000
Длина, м	135
Ширина, м	16
Скорость полного хода, уз.....	29
Дальность плавания, мили.....	4500
Автономность, сут.	30
Экипаж, чел.	ок. 170
ГЭУ	дизель-газотурбинная:
	2 форсажных газотурбинных двигателя
	мощностью по 27 500 л.с.
	и 2 маршевых дизельных двигателя
	мощностью по 5200 л.с.
Общая мощность дизель-генераторов, кВт	4 тыс.
Вооружение:	
– артиллерийское	универсальная 130-мм АУ А-192М
	зенитный артиллерийский комплекс
	«Палаш» (2 установки).
– ракетное.....	зенитный ракетный
	комплекс «Полимент-Редут»,
	ПУ для 16 противокорабельных ракет
	«Оникс» или «Калибр»
– противолодочное.....	комплекс «Пакет»
– авиационное	вертолет Ка-27М ■

Морской Вестник



№ 3 (67)
сентябрь
2018

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

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

президент Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

А.С. Бузаков, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор

АО «СПМБМ "Малахит"»

В.В. Дударенко, председатель совета директоров

ООО «Судпромкомплект»

А.А. Дьячков, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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

М.А. Иванов, генеральный директор

АО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТ»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

АО «Концерн "Гранит-Электрон"»

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

Л.Г. Кузнецов, генеральный конструктор

АО «Компрессор»

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

И.М. Мухутдинов, генеральный директор

ПАО «СФ «Алмаз»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.Г. Родионов, генеральный директор

АО «Кронштадт Технологии»

С.В. Савков, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

С.Б. Сухов, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн Морфлот»

В.В. Ханьчев, генеральный директор

АО «ЦНИИ "Курс"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «Пелла»

В.В. Шаталов, генеральный директор

АО КБ «Вымпел»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор

АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО ПКБ «Петробалт»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- Фрегат «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» вошел в состав ВМФ России* 1
- Г. В. Егоров, В. И. Тонюк, А. В. Демидюк.** Экспериментальное исследование заливаемости кранового судна с трюмом без люковых закрытий 8

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- И. М. Мухутдинов, С. Н. Галиченко, И. Я. Баскаков.** Судостроительной фирме «Алмаз» – 85 лет 13
- К 70-летию Л. Г. Гравовца* 23
- А. С. Соловьев.** Актуальный опыт ПАО «Выборгский Судостроительный завод» по взаимодействию с проектантами и РМРС при проектировании и строительстве современных рыбопромысловых судов 25
- И. Л. Вайсман, А. Е. Карлик, Е. А. Ткаченко.** Об экономическом стимулировании развития и диверсификации промышленных предприятий ОПК 29
- А. В. Иванкович.** Финансовые инструменты в методологии отраслевого управления 33
- Л. М. Клячко, В. В. Дударенко.** Сложная техника – высокие риски. Из опыта зарубежного кораблестроения 35
- А. Г. Смирнов.** Использование плавучих доков для спуска судов на воду и подъема с воды на берег 43
- Н. М. Вихров, В. П. Лянзберг.** Определение параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления 48
- М. А. Будниченко, Ю. В. Аввакумов.** Внедрение современных сварочных материалов в кораблестроении. Разработка высокопроизводительной технологии механизированной сварки конструкций из высокопрочной стали с использованием порошковой проволоки ПП-А22/9 (Св-03Х22 Н9 АМЗ) в смеси защитных газов 51

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- М. А. Александров, Н. А. Грибенюк.** Модель приспособления для закрытия судовой крышки (дверцы) с приводом на основе пространственного шарнирного механизма 59
- Д. В. Умяров, А. Л. Максимов.** Опыт разработки методики исследования влияния полупроводниковых преобразователей частоты на качество электроэнергии систем электроснабжения судов 63
- А. А. Горбачев, П. С. Андреев.** Применение эксцентриково-циклоидального зацепления в приводах судовых механизмов 69
- А. А. Бабичев.** Имитационное моделирование в двухфакторной модели накопления поврежденных для прогнозной оценки расхода ресурса газотурбинных двигателей в структуре главных энергетических установок надводных кораблей 72
- В. Ю. Макаров, М. Ю. Хохлов.** Использование метода конечных элементов для оценки прочностных характеристик оборудования при динамических нагрузках 79



А. С. Лобанов, В. В. Барановский. Обоснование перспективного корабельного газотурбинного двигателя пятого поколения..... 81

А. Р. Тогуняц, Л. И. Вишневецкий. Гидродинамические аспекты работы соосных гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности..... 83

М. А. Меньков, С. А. Белов. Развитие технологии электрообогрева трубопроводов при помощи муфты-нагревателя 89

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

К. Ю. Шилов, С. Н. Сурин, Б. В. Грек. Опыт разработки перспективной комплексной системы управления техническими средствами 93

В. В. Кобзев, А. П. Чернёв. Разработка обобщенной модели объекта управления и действий оператора на основе графа переходов 96

Ю. И. Стекольников. Управление свойством живучести корабельных систем..... 99

Д. А. Кондратьев, А. Г. Юрескул. Технология отработки систем навигации и управления с использованием программно-аппаратных средств комплексов полунатурного моделирования..... 103

Д. В. Казунин, О. Я. Тимофеев, А. С. Иванов. Цифровое месторождение для управления подводной добычей углеводородного сырья на российском континентальном шельфе 109

Е. М. Балуйкин, С. С. Коротков. Автоматизация современного судна: перспективы 115

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

А. И. Исмаилов, А. Н. Попов, В. В. Пучнин. Проблемы и стратегические приоритеты развития морской деятельности Российской Федерации на период до 2030 года..... 116

МОРСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

А. В. Абрамов, А. Н. Москалев. Об оценке качества подготовки специалистов в вузах..... 121

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Решение выездного совместного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и заседания Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга 125

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

Г. А. Гребенщикова. «Нам нужна морская держава». Черноморскому флоту – 235 лет!..... 127

Главный редактор

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

Редакционная коллегия

Е.А. Горин, д-р эконом. наук
Е.В. Игошин, канд. техн. наук
Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.
Д.В. Казунин, д-р техн. наук
Р.Н. Караев, канд. техн. наук
Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
П.А. Кротов, д-р истор. наук, проф.
П.И. Малеев, д-р техн. наук
Ю.И. Нечаев, 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
А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН
А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Редакция

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

Редактор

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

Адрес редакции

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

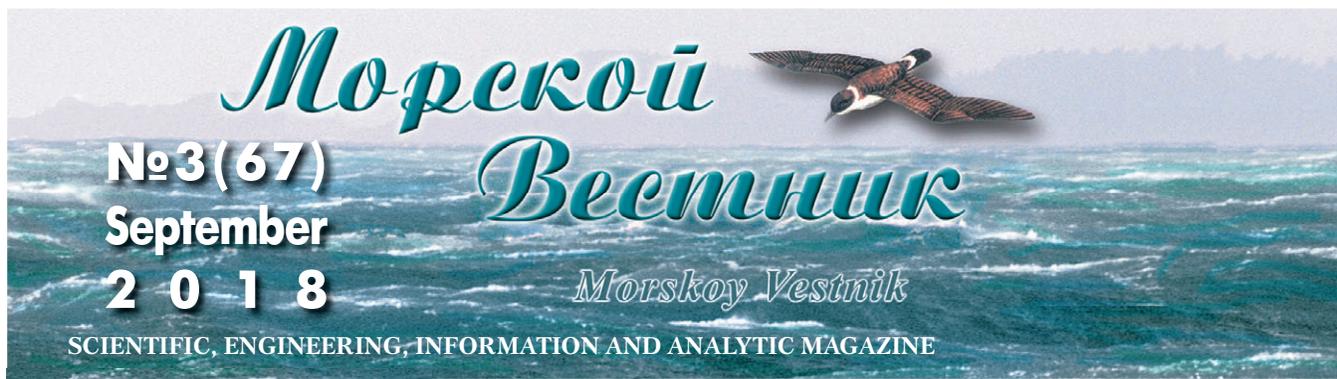
Учредитель-издатель

ООО Издательство «Мор Вест»,
 190000, Санкт-Петербург,
 наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н
Электронная версия журнала
 размещена на сайте ООО «Научная электронная
 библиотека» www.elibrary.ru и включена
 в Российский индекс научного цитирования
Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»
 включен в перечень ведущих научных журналов и
 изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть
 опубликованы основные научные результаты диссертаций
 на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
 www.perechen.vak2.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»
 (индекс 36093) может быть оформлена по каталогу
 Агентства «Роспечать» или непосредственно
 в редакции журнала через издательство «Мор Вест»

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс»
 Тираж 1000 экз. Заказ № 1440

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



Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

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

V.S. Nikitin, General Director FSUE KSRC,
President of the International
and Russian Scientific and Technical Association
of Shipbuilders named after Acad. A.N. Krylov

G.A. Turichin, Rector SPbSMTU

Council Members:

M.A. Alexandrov, Director JSC CRIME

A.S. Buzakov, General Director
JSC Admiralty Shipyards

A.A. Diachkov, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

V.Yu. Dorofeev, General Director

JSC SPMBM Malachite

V.V. Dudarenko, Chairman of the Board of Director

JSC Sudpromkomplekt

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Morflot

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

V.V. Khanychev, General Director

JSC CSRI Kurs

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit

L.G. Kuznetsov, General Designer

JSC Compressor

G.N. Muru, Executive Director JSC 51 CDTISR

I.M. Mukhutdinov, General Director

JSC SF Almaz

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

A.G. Rodionov, General Director

JSC Kronstadt Technologies

S.V. Savkov, General Director

OJSC NE

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Avrora

A.V. Shlyakhtenko, General Director JSC CMDB Almaz

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

S.B. Sukhov, General Director

JSC Pumori-north-west

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibition

G.R. Tsaturov, General Director

OJSC Pella

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

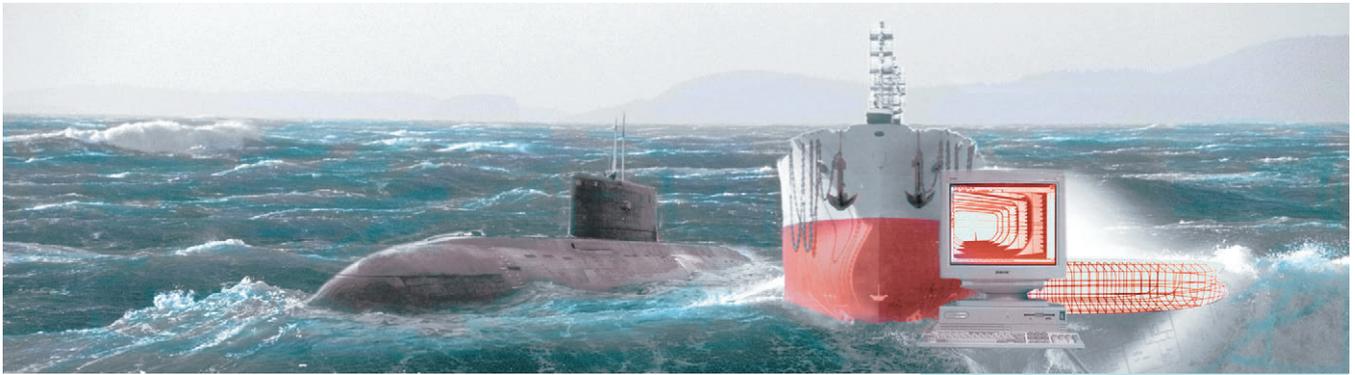
- Frigate Admiral of the Fleet of the Soviet Union Gorshkov entered the Russian Navy.....1*
G. V. Egorov, V. I. Tonyuk, A. V. Demidyuk. *Experimental study
of the floodability of a crane vessel with a hold without a hatchway closure8*

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANISATION OF SHIPBUILDING

- I. M. Mukhutdinov, S. N. Galichenko, I. Ya. Baskakov.** *Shipbuilding firm
Almaz is 85 years old 13*
For 70th anniversary of L. G. Grabovets 23
A. S. Soloviev. *Actual experience of PJSC «Vyborg Shipyard» on interaction
with designers and RMRS in the design and construction of modern fishing vessels 25*
I. L. Vaisman, A. E. Karlik, E. A. Tkachenko. *On the economic stimulation
of the development and diversification of industrial enterprises
of the defense industry 29*
A. V. Ivankovich. *Financial instruments in the methodology
of branch management 33*
L. M. Klyachko, V. V. Dudarenko. *Complex technology – high risks.
From the experience of foreign shipbuilding 35*
A. G. Smirnov. *The use of floating docks for launching vessels into the water
and lifting from water to shore 43*
N. M. Vikhrov, V. P. Lyanzberg. *Determination of the parameters
of the high-pressure port of a high-pressure port 48*
M. A. Budnichenko, Yu. V. Avvakumov. *Introduction of modern welding
materials in shipbuilding. Development of high-performance technology
for mechanized welding of high-strength steel structures using PP-A22/9
flux-cored wire (Sv-03Kh22N9AM3) in a mixture of protective gases 51*

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- M. A. Aleksandrov, N. A. Gribenyuk.** *Model of the device for closing
the ship's lid (door) with the drive on the basis of the spatial hinged mechanism 59*
D. V. Umyarov, A. L. Maksimov. *Experience in the development
of a technique for investigating the effect of semiconductor frequency converters
on the quality of electric power in ship power supply systems 63*
A. A. Gorbachev, P. S. Andreev. *Application of eccentric-cycloidal engagement
in the drives of ship mechanisms 69*
A. A. Babichev. *Simulation modeling in the two-factor model
of damage accumulation for the predictive estimation of the resource
consumption of gas turbine engines in the structure of the main power installations
of surface ships 72*
V. Yu. Makarov, M. Yu. Khokhlov. *The use of the finite element method
for evaluating the strength characteristics of equipment under dynamic loads 79*
A. S. Lobanov, V. V. Baranovsky. *Substantiation of the perspective
ship gas turbine engine of the fifth generation 81*



A. R. Togunyats, L. I. Vishnevsky. Hydrodynamic aspects of the operation of coaxial propellers of the opposite rotation with electric power transmission..... 83

M. A. Men'kov, S. A. Belov. Development of technology of electric heating of pipelines with the help of a coupling-heater 89

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

K. Yu. Shilov, S. N. Surin, B. V. Grek. Experience in developing a promising integrated control system for technical means 93

V. V. Kobzev, A. P. Chernyev. Development of a generalized model of the control object and the actions of the operator on the basis of the graph of transitions 96

Yu. I. Stekolnikov. Management of the survivability of ship systems..... 99

D. A. Kondrat'ev, A. G. Yurescul. Technology of development of navigation and control systems with the use of software and hardware of complexes of semi-real simulation..... 103

D. V. Kazunin, O. Ya. Timofeev, A. S. Ivanov. A digital deposit for the management of subsea hydrocarbon production on the Russian continental shelf 109

E. M. Balushkin, S. S. Korotkov. Automation of a modern vessel: prospects..... 115

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

A. I. Ismailov, A. N. Popov, V. V. Puchnin. Problems and strategic priorities for the development of maritime activities of the Russian Federation for the period up to 2030 116

MARITIME EDUCATION

A. V. Abramov, A. N. Moskalev. About an estimation of quality of preparation of experts in high schools 121

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

The decision of the visiting joint meeting of the Association of Shipbuilders of Saint-Petersburg and the Leningrad Region and the session of the Shipbuilding Section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg 125

IN THE MARITIME ASSEMBLY

G. A. Grebenshchikova. «We need a naval power». The Black Sea fleet is 235 years old! 127

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

D.S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Editorial Collegium

VI. Chernenko, D. Sc., Prof.

E.A. Gorin, D. Sc.

E.V. Igoshin, Ph. D.

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

D.V. Kazunin, D. Sc.

R.N. Karaev, Ph. D.

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

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

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

P.I. Maleev, D. Sc.

Yu.I. Nechaev, 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.

A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia

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

K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T.I. Ilyichiova

Design, imposition

S.A. Kirillov, V.L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya biblioteka" www.elibrary.ru and is also included to the Russian index of scientific citing

By the decision of the Council of VAK the Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

You can subscribe to the Morskoy Vestnik magazine using the catalogue of "Rospechat" agency (subscription index 36093) or directly at the editor's office via the Morvest Publishing House

Printed in the Printing-House "Premium-press"

Circulation 1000. Order № 1440

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

Процедура оценки заливаемости трюмов судов без люковых закрытий существует только для контейнерных судов типа «open top» [1]. Как правило, такие суда являются крупными контейнеровозами «открытого типа» – с большим раскрытием палубы, а также избыточной высотой надводного борта. Отсутствие люковых закрытий на таких судах положительно влияет на контейнеровместимость, однако требует применения дополнительных технических и проектных решений, обеспечивающих безопасность эксплуатации судна.

Несмотря на то, что первый балкер концепции «open top» был построен в 1962 году, применение указанной концепции не получило распространения и носит, скорее, характер перспективных проектов [6].

Постановка проблемы. «Морское Инженерное Бюро» разработало проект CV03 несамоходного кранового судна с трюмом для навалочных грузов без люковых закрытий. Функционально судно предназначено для проведения рейдовых перегрузочных работ в паре с крупнотоннажным балкером, осадка которого не позволяет ему подойти к причалу при полной загрузке.

Необходимость экспериментальной оценки заливаемости для судна без люковых закрытий, предназначенного для

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЛИВАЕМОСТИ КРАНОВОГО СУДНА С ТРЮМОМ БЕЗ ЛЮКОВЫХ ЗАКРЫТИЙ

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф, ген. директор,
В.И. Тонюк, гл. конструктор,
А.В. Демидюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
 «Морское Инженерное Бюро-СПб»,
 контакт. тел. (812) 232 8538

перевозки навалочных грузов, остается актуальной задачей, поскольку требования процедуры [1] не распространяются на суда для перевозки навалочных грузов. Однако учитывая длительный опыт применения предложенной ИМО экспериментальной оценки [1] было принято решение рассматривать ее требования как базовые условия проведения экспериментальных исследований.

Целью исследований являлась экспериментальная проверка в опытовом бассейне выбранной концепции судна, правильности принятых проектных решений в части требований к заливаемости трюма, не оснащенного люковыми закрытиями.

Крановое судно пр. CV03 представляет собой несамоходную морскую бар-

жу ограниченного района плавания, с формой корпуса в виде прямоугольного понтона с небольшими подрезами в носу и корме, с транцевыми носовой и кормовой оконечностями, с открытым грузовым трюмом в средней части, с кормовым расположением жилой надстройки и машинного отделения. Для защиты открытого люкового выреза устроены баковая и ютовая надстройки. Схема общего расположения судна представлена на рис. 1.

Основные характеристики несамоходного кранового судна проекта CV03 представлены в табл. 1.

Модель кранового судна изготовлена в масштабе 1:50 из фанеры и пенопласта и для придания жесткости усилена деревянными брусками. После сборки на-

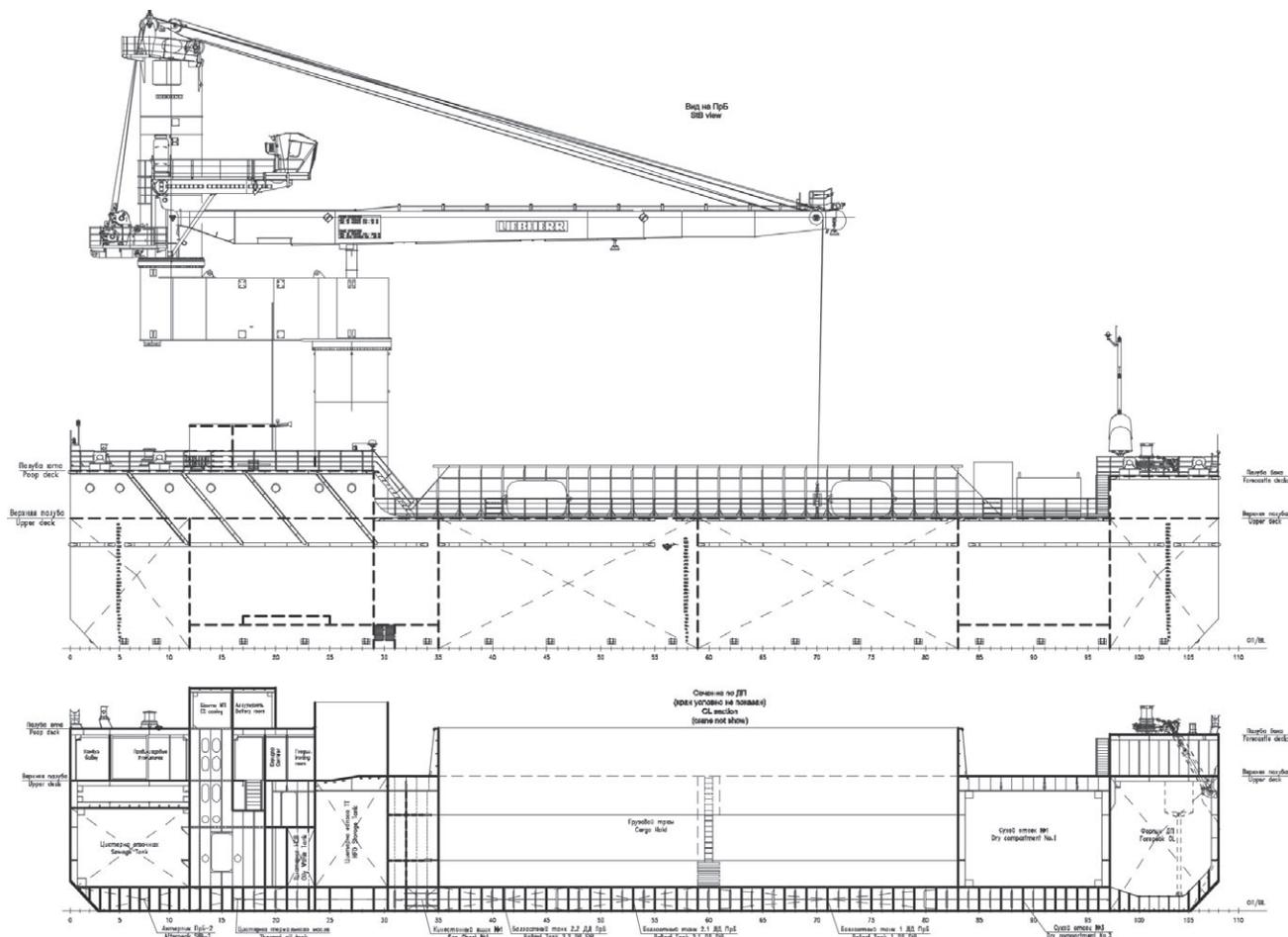


Рис. 1. Общее расположение несамоходного кранового судна пр. CV03



Рис. 5. Модель на подвесе

Регулярное волнение. Выполнение требований процедуры [1] для судна, оснащенного пропульсивным комплексом, требует проведения самоходных испытаний модели в мореходном бассейне. Такие бассейны оснащены сложной системой волногенерации, обычно расположенной вдоль двух смежных сторон бассейна. Поскольку крановое судно пр. CV03 является несамоходным, то для проведения экспериментальных исследований достаточно возможностей опытового бассейна Одесского национального морского университета (ОНМУ) [7, 8].

В настоящее время в опытовом бассейне ОНМУ отсутствуют возможности генерации нерегулярного волнения со спектрами JONSWAP, Pierson-Moscovits и ISSC [5], которые рекомендованы в [1, 2]. Учитывая класс судна, его район плавания R3 и назначение, было принято решение провести испытания на регулярном волнении, высота которого соответствует высоте 3%-ной обеспеченности нерегулярного волнения вероятного района эксплуатации судна. Известно [3], что такой подход является более жестким с точки зрения определяемых параметров качки.

Регулярное волнение в бассейне ОНМУ генерируется пластинчатым волнопродуктором, который приводится в действие с помощью электродвигателя мощностью 3 кВт. Электродвигатель оснащен блоком частотного управления «Schneider Electric», что позволяет регулировать частоту генерации волн с точностью до 0,1 Гц.

Параметры волн в эксперименте определялись с учетом длины модели L из отношения λ/L . В эксперименте рассмотрены две волны $\lambda/L = 2,5$ и $\lambda/L = 2,0$.

Таблица 3
Инерционные характеристики натурального судна и его модели

Наименование	Продольные колебания, $i=y$	Поперечные колебания, $i=x$
Период колебаний модели $t_{м}, c$	2,7370	2,7011
Длина подвеса $l, м$	1,787	1,787
Момент инерции масс модели $I_{м}, кгмc^2$	0,9181	0,3213
Момент инерции масс натурального судна $I_{н}, кгмc^2$	2,869E+08	1,004E+08
Радиус инерции масс натурального судна $\rho_{н}, м$	17,964	10,757
Относительный радиус инерции масс судна $\bar{\rho}_i$	0,286	0,170
Здесь l – длина подвеса (расстояние от точки подвеса до ЦТ модели); момент инерции масс модели $I_{м} = \Delta_m \ell \left(\left(\frac{\tau_{им}}{2\pi} \right)^2 - \frac{\ell}{g} \right), кгмc^2$; момент инерции масс натурального судна $I_{н} = I_{м} \lambda^5, кгмc^2$; $\rho_i = \sqrt{\frac{g I_{нi}}{\lambda^3 \Delta_m}}, м$; $\bar{\rho}_i = \rho_i / L$; $i = x, y, g = 9,81 м/c^2, \lambda = 50$.		

Таблица 4

Параметры регулярного волнения (для модели)

l/L	Длина волны $l_{н}, м$	Частота формы волны $k_{н}, 1/м$	Частота волны $\sigma_{н}, 1/с$	Период волны $\tau_{н}, с$	Частота волнопродуктора $\sigma_{вп}, Гц$	Расчетная высота волны $h_{н}, мм$	Радиус волнопродуктора $r_{вп}, мм$
2,00	2,55	2,47	4,92	1,28	29,00	120,09	175
2,50	3,18	1,97	4,40	1,43	25,90	120,09	175

Таблица 5

Параметры регулярного волнения (для натурального судна)

l/L	Длина волны $l_{н}, м$	Частота формы волны $k_{н}, 1/м$	Частота волны $\sigma_{н}, 1/с$	Период волны $\tau_{н}, с$	Расчетная высота волны $h_{н}, м$
2,00	127,3	0,049	0,696	9,03	6,005
2,50	159,1	0,039	0,622	10,10	6,005

Высота расчетной волны для судна в эксперименте была фиксированной $h = 6,0 м$, что несколько превышает расчетную высоту волны согласно району плавания R3. Исходя из того, что требования [1] регламентируют использование при физическом моделировании наиболее неблагоприятных параметров волнения, крутизна волны $\frac{h}{\lambda} = \frac{1}{26,5}$ принята для волны с $\lambda/L = 2,5$, и $\frac{h}{\lambda} = \frac{1}{21,2}$ для волны с $\lambda/L = 2,0$. Крутизна волнения $\frac{h}{\lambda} = \frac{1}{21,2} \div \frac{1}{26,5}$ соответствует открытым морям.

Следует отметить, что принятые характеристики волн являются экстремальными для данного судна и близкими к максимально возможными для опытового бассейна ОНМУ по условиям высоты волны и эффективности системы волногашения [7].

Параметры регулярного волнения для модели приведены в табл. 4, а для натурального судна – в табл. 5.

В табл. 4 и табл. 5: $k_i = 2\pi/\lambda_i$ – частота формы волны; $\sigma_i = \sqrt{gk_i}$ – частота волны; $\tau_i = 2\pi/\sigma_i$ – период волны, $i = n, м$; $g = 9,81 м/c^2$ – гравитационная

постоянная; $\lambda_n/\lambda_m = \lambda$, где $\lambda = 50$ – масштабный фактор; $h_{ф} = f(\sigma_m, r_{вп}, K_{вп})$ – фактическая высота генерируемой волны, которая подбирается в процессе подготовки к эксперименту; $|h_{ф} - h_i| \leq \varepsilon$, где $\varepsilon = 2 мм$ – с учетом особенностей пластинчатого волнопродуктора и неравномерности генерации регулярного волнения; $K_{вп}$ – коэффициент редуктора волнопродуктора; $r_{вп}$ – радиус установки коромысла волнопродуктора.

Параметры регулярного волнения для натурального судна и для его модели связаны обычными соотношениями между элементами гравитационных волн на глубокой воде и соотношениями подобия.

Подбор высоты волны $h_{ф}$ осуществлен с помощью датчика высоты волны струнного типа. Датчик высоты волны является одной из последних разработок сотрудников опытового бассейна ОНМУ и построен на современной элементной базе, что позволяет использовать его без тензометрического усилителя, сократив число подключаемых устройств [8]. Указанный датчик цифрового типа передает сигнал на аналогово-цифровой преобразователь/регистратор LCard L-14140 и далее – на персональный компьютер для формирования фай-

ла данных. Общий вид датчика высоты волны и схема измерительной системы приведены на рис. 6.

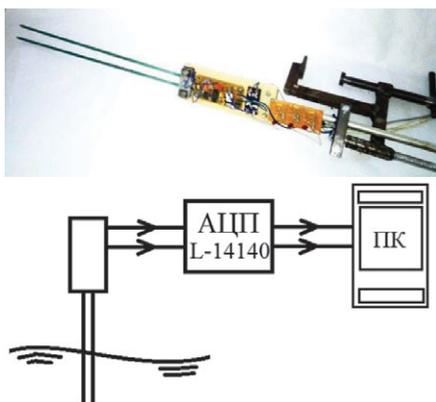


Рис. 6. Общий вид датчика высоты волны и схема измерительной системы

Высоты волн были подобраны при фиксированных характеристиках волнения до начала основных испытаний. При этом датчик волны находился в месте размещения модели в средней части бассейна.

Дополнительный контроль высоты волны осуществлялся также визуально с помощью специальной мерной шкалы, размещенной на борту бассейна.

Проведение испытаний. Положение судна относительно набегающего регулярного волнения характеризуется курсовым углом, который отсчитывается против часовой стрелки от вектора скорости волнения до положительного направления оси G_x (направленной в нос) системы координат, жестко связанной с судном G_{xyz} .

Испытания проводились на глубокой воде для расчетной осадки при полной загрузке судна. В каждом опыте модель была закреплена к стенкам бассейна на растяжках под указанными ниже курсовыми углами: 90° ; 45° ; 315° ; 225° ; 135° ; 180° .

Документирование процесса проведения модельных экспериментов выполнено с помощью видеофиксации. Для проведения видеосъемки использована размещенная на штативе цифровая фотокамера Nikon D5100, которая обеспечивает режим записи видео в формате 1920×1080 (full HD).

Продолжительность моделирования для натурального объекта, согласно требований [1], определена в час, что в пересчете на масштаб модели составляет 8,49 минуты. Время моделирования получено из соотношений подобия для периодов реального и моделируемого волнения.

Оценка количества воды, попавшей в трюм судна, выполнялась после каждого опыта путем измерения ее объема с помощью мерного сосуда. Для натурального объекта нормированное согласно [1] количество жидкости в трюме оп-



Рис. 7. Судно в полном грузу на регулярном волнении с $\lambda/L = 2,0$, крутизна волн $h = 1/21,2$; курсовой угол к волнению 90°



Рис. 8. Судно в полном грузу на регулярном волнении с $\lambda/L = 2,0$, крутизна волн $h = 1/21,2$; курсовой угол к волнению 45°

а)



б)

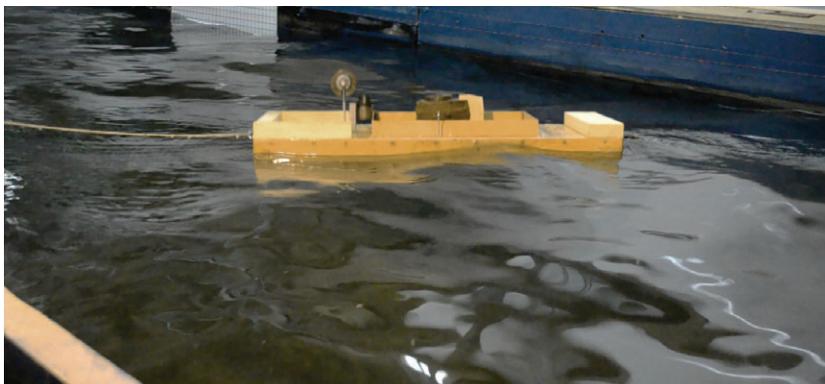


Рис. 9. Судно в полном грузу на регулярном волнении с $\lambda/L = 2,5$, крутизна волн $h = 1/25$; курсовой угол к волнению 45°

ределяется исходя из интенсивности заливания – 400 мм/ч умноженной на размеры люкового выреза. Для модели с учетом масштаба критический объем жидкости составил 1,56 л.

Ход испытаний демонстрируют рис. 7–9.

Наибольший интерес представляет положение судна лагом к волне [4]. В этом положении качка судна наиболее интенсивна (см. рис. 7). Заливание палубы судна в этом положении наблюдалось на всех рассмотренных волнах.

По результатам испытаний установлено, что в случае полной загрузки судна качка модели на всех рассматриваемых волнах и курсовых углах не приводила к критическому заливанию открытого грузового помещения. Попадание жидкости в трюм зафиксировано только в одном случае при волне с $\lambda/L = 2,0$ и курсовом угле 90° . Зафиксированный объем жидкости составил 54 мл при критическом для данной модели объеме в 1,56 л.

ВЫВОДЫ

В опытовом бассейне ОНМУ выполнена оценка заливаемости кранового судна пр. CV03 с навалочным трюмом без люковых закрытий.

Результаты проведенного эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

- отмечено заливание палубы модели при тупых и острых курсовых углах, при этом волнение воздействует на незащищенные надстройками участки борта;
- на встречном волнении модель испытывает значительную по амплитуде продольную качку;
- при всех рассмотренных сочетаниях волн и курсовых углов качка судна не приводит к критическому заливанию открытого грузового помещения;
- вследствие наличия достаточной высоты борта и комингса грузового трюма даже интенсивное залива-

ние палубы не привело к заливанию трюма. Попадание жидкости в трюм зафиксировано только в одном случае при волне с $\lambda/L = 2,0$ и курсовом угле 90° .

Выполненная экспериментальная оценка заливаемости подтвердила корректность принятых проектных решений о назначении высоты надводного борта, высот комингса грузового трюма, баковой и ютовой надстроек, их формы.

Разработанный подход может использоваться для обоснования архитектурно-конструктивного типа «открытых» судов, в том числе и для грунтоотвозных шаланд и судов, предназначенных для перевозки негабаритных проектных грузов с трюмами без водонепроницаемых люковых закрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Maritime Organization: Interim Guidelines for Open-Top Container Ships. MSC/Circ.608//Rev. 1. – London, 1994.
2. Buchner B., Joaquín Lopez-Cortijo Garcia. Design aspects of green water loading on FPSOs.– The 22nd International Conference on Offshore Mechanics & Arctic Engineering, Cancun, Mexico, 8–13 June, 2003.
3. Басин А.М. Качка судов. – М.: Транспорт, 1969. – 272 с.
4. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля.– Т. 2 / Благовещенский С.Н., Холодильни А.Н. – Л.: Судостроение, 1976.– 176 с.
5. Lloyd A.R.J.M. Seakeeping: ship behaviour in rough weather.– Ellis Horwood Limited, England, 1989.
6. Eco-Ship 2020: A Futuristic Open Hatch Bulk Carrier Concept. [Электр. ресурс].– Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/future-shipping/eco-ship-2020-a-futuristic-open-hatch-bulk-carrier-concept/> (дата обращения 19.07.2018).
7. Кириллов В.Н., Демидюк А.В., Тонюк В.И. Экспериментальная установка для исследования гидродинамических и кинематических характеристик продольной качки моделей судов // Вестник ОНМУ. – 1998. – Вып. 1. – С. 90–93.
8. Демидюк А.В. Модернизация системы измерений опытового бассейна ОНМУ // Вестник ОНМУ. – 2012.– Вып. 34.– С. 43–60. ■

В 2018 г. судостроительная фирма «Алмаз» отмечает свой 85-летний юбилей. Созданная в 1933 г. как верфь Морпогранохраны ОГПУ-НКВД СФ «Алмаз» быстро выросла до предприятия, обеспечивающего потребности в катерах не только пограничников, но и ВМФ. К началу Великой Отечественной войны здесь было построено 188 малых охотников типа МО-4, внесших заметный вклад в дело Победы. Почти половина построенных на предприятии катеров МО-4 была поставлена ВМФ. Кроме того, с 1940 г. предприятие приступило к серийному строительству торпедных катеров типа ТК-ДЗ. Деятельность предприятия за время его существования можно разделить на ряд последовательных этапов, тесно связанных с развитием отечественного военного катеростроения. На каждом из этих этапов ПАО СФ «Алмаз» занимала лидирующие позиции в военном катеростроении страны и определяла направления технического прогресса в этом сегменте судостроения.

НОВАЯ ВЕРФЬ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ МОРПОГРАНОХРАНЫ СОВРЕМЕННЫМИ СТОРОЖЕВЫМИ КАТЕРАМИ

В конце 1920-х гг. отечественная Морпогранохрана остро нуждалась в пополнении современными сторожевыми катерами, поскольку оставшиеся после Гражданской войны катера не позволяли надежно охранять морские границы страны из-за своей малочисленности и неудовлетворительных тактико-технических параметров.

Составленную в 1928 г. комплексную заявку на проектирование и строительство системы сторожевых катеров не приняло ни одно из существующих предприятий страны.

Встал вопрос об организации собственных производственных мощностей по строительству пограничных катеров в системе ОГПУ, куда в те годы входила Морпогранохрана. В рамках решения этой задачи 20 февраля 1930 г. Морской пограничной охране по Постановлению Президиума ВСНХ РСФСР № 425 была передана национализированная катерная мастерская А. Л. Золотова (до революции 1917 г. – Петроградская верфь моторных судов). Предприятие получило наименование «Судостроительная мастерская Морпогранохраны ОГПУ» и было ориентировано на постройку сторожевых катеров. В момент передачи мастерской в ведение морских пограничников она находилась в плачевном состоянии – бывший владелец так и не смог оправиться от последствий разрушительного наводнения 1924 г. и при штате всего 3 человека едва сводил концы с концами. Вновь назначенный

СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМЕ «АЛМАЗ» – 85 ЛЕТ

*И.М. Мухутдинов, ген. директор,
С.Н. Галиченко, директор по маркетингу,
И.Я. Баскаков, канд. техн. наук, зав. музеем, ПАО СФ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 5148, 235 7069*

начальник мастерской Д. Л. Блинов довольно быстро довел штат рабочих до 24 человек и начал расширять производство. Мастерская быстро наладила выпуск сторожевых катеров по типу заказываемых флотом А. Л. Золотову еще в 1916 г. и хорошо зарекомендовавших себя в Гражданскую войну в составе Волжской военной флотилии. Этим катерам присвоили индекс ЗК (Золотовский катер).



Модель катера ЗК

Было налажено также производство малых катеров (индекс КМ). Несмотря на все предпринимаемые Д. Л. Блиновым попытки расширения производства, удалось добиться выпуска в год не более 4–5 катеров ЗК водоизмещением 18 т и 10 катеров КМ водоизмещением 7,5 т. Такие объемы производства никак не могли удовлетворить Морпогранохрану, так как общая потребность пограничников в катерах согласно Программе 1928 г. составляла не менее 270 ед. Для реализации такой программы требовалось современное специализированное производство. Осуществить коренную реконструкцию бывшей мастерской А. Л. Золотова, учитывая ограниченные площади последней и отсутствие свободных близлежащих территорий, не представлялось возможным.

В связи с этим Д. Л. Блинов обратился к руководству ОГПУ-НКВД с докладной о необходимости строительства современной верфи для строительства сторожевых катеров. Он обосновал целесообразность постройки новой верфи в Ленинграде (Санкт-Петербурге), учитывая наличие в регионе развитого научного и производственного потенциала судостроительного профиля. Предложение Д. Л. Блинова руководством ОГПУ было принято, и постоянное представительство (ПП) ОГПУ в Ленинградском Военном округе (ЛВО) обратилось в Леноблисполком с просьбой о выделении участка земли. Леноблисполком 23 февраля 1931 г. своим Постановле-

нием № 021–38 принял решение о выделении ОГПУ для строительства верфи участка земли на Петровском острове.

Это был пустопорожний участок, если не считать строений бывшей Петровской брандвахты, принадлежавших на тот момент Северо-Западному речному пароходству. Первоначально ОГПУ предполагало вести строительство новой верфи совместно с ВМФ, поскольку любой пограничный корабль – это корабль двойного назначения и по условиям военного времени передается ВМФ. Поэтому при разработке проекта пограничного катера, размерения которого определили бы производственные мощности верфи, пограничники изначально проектировали его по ТТЗ, согласованному с ВМФ. Этот катер получил условное название «единый катер». Но даже это не помогло – ВМФ отказался от долевого участия в строительстве верфи. Поэтому ОГПУ, не имевшее прямого отношения к судостроению, вынуждено было взять на себя строительство верфи. Разработку ее общего проекта вело входившее в систему ОГПУ ОКТБ-2, а разработку строительных чертежей верфи – ОКТБ-12. Строительство верфи руководство ОГПУ поручило 4-му Госстройтресту Управления строительства ОГПУ в ЛВО.

Как уже было упомянуто выше, мощности верфи выбирали, исходя из размеров «единого» катера, водоизмещение которого оценивалось в 80–100 т, при условии выпуска в год не менее 12 ед. В программу пограничников были включены также 30-тонные, так называемые габаритные катера (ГК), и малые катера для рейдовой и речной погранохраны типа КМ.

Первая очередь начатого в конце 1931 г. строительства верфи была завершена весной 1933 г. Учитывая незавершенность к этому моменту проекта «единого» катера, все стапельные места сборочного цеха были отданы под 30-тонные катера типа ГК. По случаю закладки первых катеров ГК на верфь 1 мая 1933 г. прибыл первый секретарь Ленинградского обкома ВКПб С. М. Киров. Состоялось официальное открытие 1-й очереди верфи, ставшей в настоящее время ПАО СФ «Алмаз». С открытием верфи Морпогранохраны ОГПУ (первый начальник – Д. Л. Блинов) в отечественном катеростроении был дос-

тигнут качественный переход от кустарного к промышленному производству боевых катеров с корпусами из дерева. С этого момента верфь на Петровском острове стала называться главной верфью, а бывшая верфь А. Л. Золотова – ее отделением.

После постройки серии катеров ЗК отделение верфи перешло полностью на строительство малых катеров типа КМ и шлюпок разных размеров. Трудности с достижением необходимых ТТЭ «единого» катера были разрешены в результате инициативного предложения талантливого конструктора КБ верфи В. И. Тягунова. Особенностью предлагаемого им катера было то, что в отличие от «единого» катера его главные размерения допускали перевозку по железной дороге, чем достигалось обеспечение такими катерами морпогранчастей на всех морях, включая дальневосточные. Проект, благодаря поддержке ВМА, был одобрен руководством ОГПУ и запущен в серийное производство. В 1933–1936 гг. предприятие построило 32 таких катера, названные малыми охотниками (МО). Первый вариант проекта под индексом МО-2 имел ряд недостатков по пожаровзрывобезопасности и потребовал доработки. Новый улучшенный проект МО под индексом МО-4 был разработан КБ верфи в 1935–1936 гг. под руководством главного конструктора профессора С. В. Пугавко.



Малый охотник МО-4

В 1936 г. верфь построила два головных катера типа МО-4, которые в том же 1936 г. прошли ходовые, а в марте 1937 г. – государственные испытания. Эти катера положили начало большой серии катеров, строившихся на нашем заводе вплоть до сентября 1941 г. (всего завод построил 228 МО-4, в том числе 40 в первые месяцы войны). ВМФ, отказавшийся от долевого участия в строительстве верфи, уже в 1938 г. заказал для своих нужд более 40 катеров МО-4. В 1938–1941 гг. почти половина всех строившихся на заводе катеров МО-4 поставлялась ВМФ. В октябре 1937 г. в порядке реализации мобилизационного плана Совета Труда и Оборона заводское КБ сделало проектное предложение по мореходному безреданному торпедному катеру ТК-ДЗ. Оно было одобре-

но ВМФ, и уже в 1938 г. КБ завода под руководством Л. Л. Ермаша разработало технический проект ТК-ДЗ, а в 1939 г. был построен первый опытный катер, который в 1940 г. успешно прошел государственные испытания на Черном море и был принят на вооружение. С 1940 г. началось серийное строительство ТК-ДЗ.



Торпедный катер ДЗ

Во время Великой Отечественной войны это был единственный отечественный серийный ТК «дальнего действия». К маю 1941 г., когда предприятие вошло в состав Наркомата судостроительной промышленности, оно представляло собой современный (на тот момент) судостроительный завод с большим коллективом высококвалифицированных производственных рабочих и инженерно-технических работников, общая численность которых составляла 2396 человек. За высокие производственные успехи в 1939 г. большая группа сотрудников была удостоена высоких правительственных наград. В числе награжденных были директор Е. Я. Локшин (орден Ленина), рабочие А. Д. Красавин, Н. А. Чирятов (орден Трудового Красного Знамени) и многие другие.

К началу Великой Отечественной войны предприятие занимало территорию в 13,2 га.

ВЕЛИКАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ВОЙНА

Война, начавшаяся вероломным нападением 22 июня 1941 г. фашистской Германии, уже через два месяца докатилась до стен Ленинграда. В первых числах сентября 1941 г. сомкнулось кольцо вражеских войск вокруг города, и началась беспрецедентная 900-дневная блокада. Более 1300 рабочих и инженерно-технических работников завода добровольно и по призыву ушли в ряды армии, флота, народного ополчения и в партизанские отряды. Уже на второй день после начала войны на заводе были созданы штаб и отряды МПВО. Бойцы МПВО, в основном девушки, самоотверженно выполняли производственную работу и несли службу в МПВО. Согласно мобилизационному плану заводу предстояло срочно заменить вооружение на малых охотниках, входивших в состав Балтийского флота. Эту работу предприятие выполняло в три смены и завершило буквально в течение нескольких недель. В июле 1941 г. согласно рас-

поряжению руководства ВМФ надлежало организовать и осуществить перевод на Северный флот пяти торпедных катеров (ТК) типа ДЗ. Специалисты завода во главе со строителем А. А. Тимофеевым и механиком Х. А. Мухиным успешно провели эту операцию. Пять катеров ТК-ДЗ составили ядро первой бригады ТК Северного флота, громившей врага в районе п-ва Рыбачий, Печенгском заливе. Командир ТК-12 типа Д-3 А. О. Шабалин за свои смелые и результативные атаки противника был дважды удостоен звания Героя Советского Союза.

Постройка катеров типа ТК-ДЗ осуществлялась на заводе в течение всей блокады, несмотря на все трудности. Всего за время войны завод передал флоту 67 катеров ТК-ДЗ. Учитывая большую потребность флота в малых охотниках и наличие на заводе задела корпусов, ВМФ предложило создать малый охотник в корпусе ДЗ. Такой проект под индексом МО-ДЗ был срочно разработан заводским КБ под руководством Д. А. Черногуза. В условиях блокады завод построил по этому проекту 46 катеров. Все дни блокады Ленинграда завод ни на час не прекращал работу по постройке новых и ремонту поврежденных в боях боевых катеров.

Руководство страны высоко оценило заслуги завода по постройке и ремонту катеров в тяжелейших условиях. 31 мая 1944 г. Председателем Президиума Верховного Совета СССР М. И. Калининым был подписан указ, согласно которому «за успешную работу по строительству боевых торпедных катеров для ВМФ, за их высокие технические и боевые качества, за самоотверженный труд коллектива рабочих, инженерно-технических работников» завод был награжден орденом Трудового Красного Знамени (№ 25991). Орденами и медалями была награждена большая группа сотрудников завода, в том числе орденом Ленина главный инженер А. Ф. Симин и токарь Н. М. Федоров. С отличными трудовыми показателями завод встретил 1945 г. и долгожданную Победу. Ему было чем гордиться: построенные на заводе катера МО-4, ТК-ДЗ и КМ-4 участвовали во многих боевых операциях на всех флотах и показали свои уникальные качества, обеспечившие их высокую боевую эффективность.



Катер КМ

Во многих приморских городах сегодня можно видеть в качестве памятников катера нашего завода. Так, торпедный катер ТК-ДЗ дважды Героя Советского Союза А. И. Шабалина (ТК-12) поставлен на постамент в парке г. Североморск. Катерам КМ в ЦПКИО Санкт-Петербурга у 2-го Елагина моста, где они базировались в дни блокады, поставлен памятник. Неутраченным трудом этих катеров на Балтике было обезврежено более 2700 мин. Работу по разминированию главного фарватера нашего города «казмки» продолжали и после победного 9 мая 1945 г.

ПЕРВОЕ ПОСЛЕВОЕННОЕ ДЕСЯТИЛИТИЕ

С окончанием Великой Отечественной войны началось восстановление разрушенного войной заводского хозяйства. Правительство и ВМФ поставили перед коллективом завода задачу по созданию новых боевых катеров с учетом опыта войны. К этому времени на заводе начали строить поставленные в разобранном виде по ленд-лизу американские торпедные катера типов Vosper и Elco. Они обладали более высокими мореходными качествами, чем отечественные ТКА предвоенных проектов, так как в отличие от отечественных создавались без учета возможности перевозки по железной дороге. Перед отечественными катеростроителями была поставлена задача создать ТКА, который бы превосходил Elco по всем показателям. Поэтому параллельно с освоением постройки модернизированного ТКА времен войны – проекта 200бис, Главное Управление кораблестроения ВМФ выдало промышленности ТТЗ на создание мореходного негабаритного ТКА. Выбор предприятия-строителя нового катера выпал на наш завод, освоивший строительство ТКА Elco. Для разработки проекта, которому присвоили номер 183, на предприятии по линии МВД в 1946 г. было создано ОКБ-5 из репрессированных сотрудников ОКБ-340 и вольнонаемных конструкторов.



Торпедный катер пр. 183

Главным конструктором пр. 183 был назначен известный инженер-кораблестроитель П. Г. Гойнкис. В течение 1946–1947 гг. шла отработка проекта,

а 1 октября 1947 г. был заложен опытный катер. Благодаря тому, что конструкторы и технологи работали вместе с судосборщиками и непосредственно во время сборки тщательно проверяли конструкцию узлов, особенности монтажа и в случае необходимости оперативно вносили в них изменения, достигался ускоренный темп строительства. Уже в ноябре 1948 г. опытный катер пр. 183 был спущен на воду. После государственных испытаний в ноябре 1949 г. катер вошел в состав ВМФ и был рекомендован для серийного строительства, которое потребовало постройки нового эллинга. В нем завод построил 220 катеров пр. 183 для отечественного ВМФ и зарубежных заказчиков. Такое массовое строительство стало возможным благодаря внедрению новых технологий и, в первую очередь, применению соединений на клее ВИАМ БЗ, а также поточно-позиционному методу сборки. За создание катера пр. 183 его авторы получили звание лауреатов Сталинской премии за 1951 г., в их числе – П. Г. Гойнкис, Г. И. Китаенко, Е. А. Попов. Торпедный катер заслуженно называют лучшим торпедным катером первого послевоенного десятилетия. Четыре быстроходных дизеля типа М-50 завода «Звезда» обеспечили ему скорость хода в 44 уз, выбранные обводы – высокую мореходность, вооружение – высокую боевую эффективность. На модификации 183ТК в дополнение к четырем дизелям М-50 впервые в нашей стране была установлена газовая турбина М-1 агрегатной мощностью 4000 л.с. Это обеспечило катеру 183ТК максимальную скорость 50 уз. По пр. 183ТК завод построил 25 катеров. В модификации пр. 183 (пр. 183У) предпринималась попытка замены 1000-сильных дизелей М-50 на 4000-сильные дизели М-503. В серию этот катер не пошел, но дал путевку в жизнь уникальным дизелям М-503 для новых проектов.

Принятая во время войны концепция создания на одной базовой платформе катеров как ударного, так и сторожевого назначения, была реализована и в пр. 183 – на платформе ТКА этого проекта под руководством П. Г. Гойнкиса был разработан пр. 199 малогабаритного охотника. На этих катерах устанавливалась гидроакустическая станция «Тамир» и вместо торпедного вооружения – два бомбомета и два бомбосбрасывателя. За период 1955–1959 гг. завод построил 52 катера пр. 199.

Залечив нанесенные войной раны, восстановив и модернизировав производство, завод к середине 50-х гг. XX в. по всем показателям стал ведущим катеростроительным предприятием страны.

ОТ ТОРПЕДНЫХ К РАКЕТНЫМ КАТЕРАМ

Вторая мировая война дала толчок бурному развитию научно-технического прогресса, вызвавшему появление во второй половине 1950-х гг. новых видов вооружений и технических средств для ведения боевых действий на море. Отечественное военное катеростроение оказалось в авангарде этого процесса, а СФ «Алмаз» выпала ключевая роль в реализации новейших уникальных проектов боевых катеров.

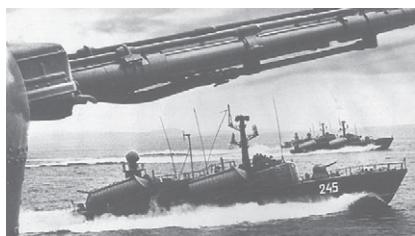
Появление в отечественной авиации в начале 1950-х гг. компактных крылатых ракет не прошло незамеченным для создателей боевых катеров. Дело в том, что оснащение кораблей РЛС и скорострельной малокалиберной артиллерией сделало неэффективными атаки торпедных катеров. Требовалось оружие, которое позволяло бы наносить удары по противнику, находясь вне зоны его средств самообороны. Малогабаритные крылатые ракеты идеально подходили для этой цели. Концепцию боевого катера с крылатыми ракетами сформулировал начальник СКБ-5 Е. И. Юхнин. Решение проблемы потребовало привлечения ряда ведущих предприятий – разработчиков ракет, РЛС, систем управления стрельбой и т.д. После одобрения идеи правительством была разработана целевая программа с реализацией большого объема ОК и НИР. В целях ускорения реализации идеи в качестве катера-носителя крылатых ракет типа П-15 была выбрана платформа серийного ТКА пр. 183. Вместо торпедных аппаратов и кормовой артустановки 2М-3 на палубе разместили две пусковые установки для ракет П-15, на мачте – малогабаритную РЛС «Рангоут», обеспечивающую поиск цели и наведение ракет. Для изучения воздействия струи ракеты на корпусные конструкции были проведены полигонные испытания макетов ракет со стенда, имитирующего надстройку и палубные конструкции катера. Все работы по изготовлению стенда проводились на нашем заводе. Они позволили разработать защиту деревянного корпуса от воздействия струи ракет и выбрать обеспечивающую безопасность для пребывания личного состава катера



Ракетный катер пр. 183Р

тепло- и звукоизоляция помещений. По результатам этих работ на заводе были построены два опытных катера (пр. 183Э) и в период 1957–1958 гг. проведены успешные натурные пуски ракет с этих катеров. Это явилось основанием для серийного строительства ракетных катеров пр. 183Р. Всего на заводе было построено 56 ракетных катеров типов 183Р и 183РТР. Это были первые в мире ракетные катера. Они поставлялись и на экспорт.

Опыт создания катеров пр. 183Р позволил ВМФ выдать ТТЗ на новый ракетный катер пр. 205 уже не с двумя, а с четырьмя ракетами П-15. Корпус катера должен был выполняться из стали, а для достижения скорости хода около 40 уз планировалась установка опробованных на катере пр. 183У дизелей агрегатной мощностью 4000 л.с. Строительство катеров пр. 205 было поручено нашему предприятию.



Ракетный катер пр. 205

Поскольку завод специализировался на строительстве катеров с корпусами из дерева, переход на строительство металлических катеров требовал коренной перестройки производства. Прежде всего предстояло переоборудовать новый эллинг, организовать вспомогательные цехи и участки, связанные с обработкой и сваркой стали. И все это надо было выполнить при сохранении выпуска катеров с корпусами из дерева. Кроме того, поскольку существовавший на заводе продольный слип не мог обеспечить спуск 150-тонного катера, в районе нового эллинга был вырыт ковш, соединенный с акваторией Малой Невы, и оборудовано устройство для поперечного спуска катеров. Первый ракетный катер пр. 205 был заложен в июле 1958 г., закончен постройкой в 1959 г. и в 1960 г. прошел испытания. Катер был принят в состав ВМФ. Катера пр. 205 и его модификаций стали главной продукцией завода в течение более 30 лет. Всего было построено свыше 100 катеров по основному пр. 205 и более 150 по его модификациям.

В 1962 г. за создание первых в мире ракетных катеров пр. 183Р и пр. 205 большая группа сотрудников нашего завода и ЦКБ-проектанта были награждены орденами и медалями, а авторы – проектанты Е. И. Юхнин, А. П. Гордянко, В. П. Гусев и ответственный сдатчик Н. И. Мартынычев – стали ла-

уреатами Ленинской премии; начальник сдаточного участка завода И. Н. Комиссаров был удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда.

Традиция использовать платформу боевого катера при создании пограничных катеров не обошла стороной и катера пр. 205 – на базе его платформы был создан пограничный сторожевой корабль проекта 205П, получивший название «Тарантул». Начиная с 1967 г. завод по этому проекту построил 111 ед.



ПСКР пр. 205П «Тарантул»

Ракетные катера пр. 183Р и пр. 205, поставленные на экспорт, приняли участие в ряде локальных конфликтов и подтвердили свою высокую эффективность. Страны блока НАТО только после успехов катеров этих проектов в арабо-израильском и индо-пакистанском конфликтах обратили внимание на этот вид оружия, который ими до тех пор игнорировался. Отечественный ВМФ, не желая упускать инициативу в создании ракетных катеров, поставил перед промышленностью задачу создать новый катер с усиленным ракетным вооружением и более эффективными средствами самообороны. Проект такого катера, отнесенного согласно новой классификации к малым ракетным кораблям (МРК), был разработан в ЦМКБ «Алмаз» под руководством главного конструктора И. П. Пегова. МРК, получивший название «Овод», нес 6 ракет типа П-120, новый радиолокационный комплекс «Дубрава», зенитно-ракетный комплекс «Оса-М» и 57-мм артиллерийскую установку АК-725, управляемую от РЛС «Барс». В качестве главных двигателей была применена уникальная дизельная ГЭУ из трех дизель-редукторных агрегатов ДРА-507 по 10 000 л.с. каждый.



МРК пр. 1234I «Овод»

Строительству МРК «Овод» предшествовала очередная реконструкция основного производства на предприятии. Был модернизирован старый

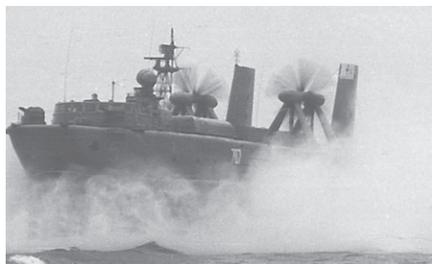
эллинг, а перед ним построили новый трансбордер грузоподъемностью 600 т и открытую достроечную позицию, обслуживаемую 30-тонным порталным краном для монтажа крупногабаритного оборудования и надстройки с мачтами. Поскольку поперечный слип не обеспечивал спуск МРК, на заводе по пр. ГСПИ-2 был построен комплекс гидротехнических сооружений, включающий причал, спусковой передаточный док, котлован для погружения дока и достроечную набережную. 13 января 1967 г. на заводе был заложен головной МРК пр. «Овод», получивший наименование «Буря», МРК был спущен на воду 18 октября 1968 г. и сдан ВМФ в 1970 г. Первыми строителями «Оводов» были Б. П. Дитячев и В. К. Власов. Всего по этому проекту заводом для отечественного ВМФ было построено 30 кораблей и 10 МРК по пр. 1234Э на экспорт.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «АЛМАЗ»

К концу 1960-х гг. в нашей стране началось реформирование промышленности, целью которого было сокращение сроков внедрения все усложняющейся новой техники. После ликвидации в 1965 г. совнархозов министерства вновь должны были решать все организационные вопросы между проектными и производственными предприятиями, а это затягивало сроки запуска в серийное производство новых образцов. Правительство пошло по пути создания организационных структур, которые включали бы проектную и производственную часть. Стали создаваться научно-производственные объединения (НПО). В Ленинграде в конце 1960-х гг. был создан ряд НПО, объединивших известные НИИ и КБ разных отраслей с профильными заводами. В военном катеростроении Ленинграда к этому времени сложилась следующая ситуация: наш завод строил боевые катера и малые корабли по проектам только ЦМКБ «Алмаз». Кроме того, ЦМКБ «Алмаз» располагало опытным Невским Морским заводом, расположенным на Малой Неве напротив нашего завода, который строил катера также по проектам ЦМКБ «Алмаз». Поэтому неслучайно, что руководство нашего завода начало вести переговоры с руководством ЦМКБ «Алмаз» об объединении. Вопрос встал о форме – как назвать объединение. Дело в том, что ЦМКБ «Алмаз» не имело статуса НИИ и назвать объединение словом НПО, будто бы, было нельзя. Тогда заместитель главного инженера завода Б. Е. Гольман предложил назвать объединение производственно-техническим (ПТО). Министерство поддержало объединение двух организаций – Ленинградского Приморского завода (так к тому

времени стало называться наше предприятие) и ЦМКБ «Алмаз». Согласно Приказу министра судостроительной промышленности № 0299 от 1 июня 1970 г. было организовано ПТО «Алмаз». Первым генеральным директором ПТО «Алмаз» стал начальник-главный конструктор ЦМКБ «Алмаз» Е. И. Юхнин. В 1974 г. объединение изменило свой статус – оно стало называться производственным объединением (ПО) «Алмаз», а генеральным директором стал директор завода – Г. Г. Полухин.

Поскольку конец 1960-х гг. был связан с интенсивным внедрением в военное кораблестроение новых принципов движения – аппаратов на воздушной подушке и подводных крыльях, перед объединением «Алмаз» ставилась задача ускоренного оснащения отечественного ВМФ скоростными кораблями, использующими эти принципы. К этому времени на Невском Морском заводе (НМЗ) были построены штурмовые десантные катера на воздушной подушке (КВП) проекта «Скат» и начали строить танкодесантные КВП проекта «Джейран». Требовался новый импульс этому направлению. Ускоренными темпами осуществлялось капитальное строительство на территории бывшего НМЗ. Согласно разработанному ГСПИ «Союзпроектверфь» плану переоснащения бывшего НМЗ предстояло фактически построить новый завод. В число новых объектов входили два эллинга площадью 2600 м² каждый с примыкающими к ним трехэтажными пристройками; между эллингами предусматривалась пятиэтажная вставка. В средней части территории предусматривалось строительство блока для размещения монтажного и гальванического участков, а также котельной. Полностью перестраивалась набережная для возможности приема вновь строящихся судов в плавдок и спуска в судовой у Петроградской площадки объединения. Все эти планы были реализованы в 1970 – 1980-х гг. Благодаря этому в объединении было построено 20 танкодесантных КВП типа «Джейран».



ДКВП пр. 12321 «Джейран»

На тот момент это были самые крупные в мире КВП: при водоизмещении около 350 т они могли перевозить два средних танка со скоростью 50 уз на расстоянии 300 мор. миль. В процессе пост-

ройки КВП «Джейран» впервые в мире был освоен переход от клепаных корпусов на сварные, что позволило почти на 35% снизить трудоемкость и сократить сроки постройки. В постройку КВП «Джейран» большой вклад из заводчан внесли бригады Г. Столярова, А. Сильвановича, И. Чернова, И. Красникова, А. Павлова, Е. Андреева, А. Мордашева, Ю. Смирнова, сварщики И. Подольский, М. Куприянов и А. Бубнов, мастера И. Остапко и Ф. Грачев с бригадами сборщиков Н. Николаева, В. Серебрякова, Е. Стекольников и Н. Елисева, сдаточные капитаны А. Градусов, М. Заманский, механики В. Федоров и А. Довгаль, ответственные сдатчики В. Любимов, В. Ермолин. В порядке отработки технологии для передачи на серийные заводы на ПО «Алмаз» были построены два танкодесантных амфибийных КВП «Кальмар».

Создание КВП «Скат», «Кальмар» и «Джейран» было отмечено в 1978 г. присвоением его авторам высокого звания лауреатов Государственной премии. Среди лауреатов сотрудники ЦМКБ «Алмаз» В. Дьяченко, Л. Озимов, Ю. Мохов, М. Псарев и монтажник завода Н. Елисеев.

Опыт, накопленный объединением по созданию упомянутых КВП, отнесенных к КВП 1-го поколения, позволил перейти к проектированию и постройке КВП 2-го поколения. В начале 80-х гг. ЦМКБ «Алмаз» предложило ВМФ проект самого крупного в мире КВП, способного перевозить 3 средних танка со скоростью 60 уз. Это предложение было принято и ПО «Алмаз» получило заказ на проектирование и постройку нового КВП, названного «Зубр». 23 февраля 1983 г. в одном из эллингов Василеостровской площадки объединения был заложен головной КВП «Зубр».



ДКВП пр. 12322 «Зубр»

В постройку этого корабля большой вклад внесли главный инженер А. Пономарев, заместитель начальника цеха М. Розенберг, инженеры-конструкторы СКТБ и технологи ОГТ Ю. Щербаков, А. Мухин, П. Плюснин, Ю. Рубинчик, М. Беляев, М. Лин, мастера А. Максименко, И. Рыбин, С. Григорьев, В. Макаров, Н. Москалев, И. Подольский, И. Остапко, Ю. Крупин, Н. Елисеев,

А. Загорский, Ф. Грачев, Е. Стекольников, Н. Енин, Ю. Терянов, рабочие М. Куприянов, В. Логинов, В. Салтыков, А. Кондратьев, Л. Седов, строители и ответственные сдатчики В. Любимов, затем И. Таланов. К конструкции построенного в 1985 г. уникального КВП водоизмещением свыше 500 т уже на первых выходах в море было сделано много замечаний, которые не удалось предусмотреть в процессе проектирования. Это потребовало проведения специальных конструкторских испытаний, отработки ряда новых элементов гибких ограждений, системы воздухозабора, усиления конструкции корпуса. В 1986–1987 гг. КВП «Зубр» был доработан и в 1988 г. успешно сдан ВМФ. Испытания корабля проводили сдаточный капитан М. Заманский, механики В. Федоров, В. Лашухин, А. Довгаль и В. Бессонов. С 1988 г. началось серийное строительство КВП этого типа. Из специалистов ЦМКБ «Алмаз», внесших значительный вклад в создание этого уникального корабля следует отметить Ю. Семенова, Г. Коронатова, С. Ермолаева, А. Бессарабова, Н. Тимофееву, Ю. Стуколкина, М. Шперлинга, В. Цареву, М. Бройдо, Е. Финкельштейн, И. Лившица, Б. Первачевского, В. Копничева.

Создание амфибийных десантных КВП на Василеостровской площадке объединения не снизило темпы серийного строительства и освоения новых проектов ракетных катеров и кораблей на Петроградской площадке. Здесь продолжилось строительство серийных МРК «Овод», а также освоение головных образцов больших ракетных катеров следующего поколения типа «Молния», спроектированных ЦМКБ «Алмаз» под новые ракеты «Москит» и оснащенных комбинированной дизель-газотурбинной ГТУ. В целях ускорения начала производственного процесса в условиях задержки с созданием ракет «Москит» и ГТУ руководством ВМФ и Минсудпрома было принято решение начать строить промежуточные варианты катеров типа «Молния» – с ракетами П-15 и газо-газотурбинной (ГГТУ) установкой. Это позволило ускорить освоение корпусными производствами строительства нового корабля и подготовить быстрый переход на основной вариант. В 1979 г. завод сдал ВМФ ракетный катер «Молния» с комплексом П-15 М и ГГТУ, а в 1981 г. – головной



Ракетный катер пр. 12411 «Молния»

ракетный катер «Молния» в полной комплектации.

Успешная отработка головных образцов РК «Молния» в нашем объединении позволила начать серийное производство этих катеров на Средне-Невском и Хабаровском заводах. При создании катеров типа «Молния» отличились конструкторы В. Устинов, М. Бройдо, Н. Турков, Л. Киахиди, строители В. Ермолин, И. Таланов, производственники Л. Грабовец, А. Пономарев, Е. Ильюкевич, Н. Сучков, В. Мозжухин. Работа по созданию ракетных катеров проекта «Молния» была отмечена Премией Правительства РФ; в числе лауреатов-производственников от ПО «Алмаз» – Л. Г. Грабовец.

Освещение направления ракетных кораблей, строившихся на ПО «Алмаз», было бы неполным, если бы не был упомянут уникальный МРК на автоматически управляемых подводных крыльях (АУПК) проекта «Ураган».



МРК пр. 1240 «Ураган»

Задача состояла в том, чтобы создать стабилизированную платформу, позволяющую осуществлять пуски ракет при движении с высокими скоростями на развитом морском волнении до 5 баллов включительно без задержек в старте. Состав оружия был принят по МРК «Овод» с уменьшением количества ракет с 6 до 4. Проблемы выбора элементов комплекса пришлось решать практически с нуля. Требовалось обосновать выбор крыльевой схемы, системы стабилизации, выбрать двигательный комплекс, материал корпуса и крыльев. Создававшийся специально в качестве аналога «Урагана» – его большой самоходной модели – СПК «Тайфун» вылился в самостоятельный проект, который ни по крыльевой схеме, ни по трансмиссии не повторял решения «Урагана». Это было следствием опасений заказчика применить чисто глубоководную схему АУПК, использованную на СПК «Тайфун». Тем не менее создание МРК «Ураган» стало существенным шагом в освоении новых технологий. Корпус МРК «Ураган» был изготовлен цельносварным из панелей опытного высокопрочного алюминиево-магниевого сплава АМг62 Т1, крылья из титанового сплава. Газотурбинная

установка, состоящая из двух газовых турбин мощностью 18000 л.с. каждая и вертикальных трансмиссий – угловых колонок была разработана и изготовлена в Николаеве (Украина). Строительство опытного корабля началось на Петроградской площадке ПО «Алмаз» в 1972 г. В 1976 г. МРК был отправлен в Лиенау для испытаний, а затем в 1978 г. переведен на Черное море и в 1981 г. передан 41-й бригаде ракетных кораблей Черноморского флота в опытную эксплуатацию. Зимой 1980–1981 гг. на полигоне вблизи Севастополя были проведены сравнительные мореходные испытания МРК «Ураган» с МПК «Сокол» близкого водоизмещения на пересекающих ПК с управляемыми закрылками. МРК «Ураган» показал более высокие мореходные качества при ходе скоростью 55 уз на всех курсовых углах 5-балльного волнения. Неэффективность закрылков носовых ПК МПК «Сокол» привела в последующем к заварке последних. Однако за все надо платить – более высокая мореходность МРК «Ураган» достигалась за счет более эффективных, но более сложных полноповоротных ПК. Поэтому ВМФ пошел на более простые решения МПК «Сокол», тем более что высокая стабилизация движения (качка амплитудой порядка 2 град.), требовавшаяся для ракетного корабля, оказалась не так важна для противолодочного корабля. Говоря о создании МРК «Ураган», надо с уверенностью сказать, что, построив этот корабль, ПО «Алмаз» выполнило весьма сложные научную, инженерно-конструкторскую, технологическую и организационную задачи. Особо следует отметить вклад генеральных директоров Г. Полухина, В. Косенкова, главного инженера А. Пономарева, строителей М. Тузова, В. Сибирцева, главного технолога А. Мухина, производственников Б. Григорьева, М. Розенберга, Ю. Алексеева, Ю. Крупина, В. Серебрякова, Г. Немирского, А. Лаптева, разработчика всей энергетической установки М. Жарова, главного конструктора В. Бурлакова.

Занимаясь кораблями с новыми принципами движения, водоизмещающими ракетными кораблями, ПО «Алмаз» продолжало строить корабли для Морской Пограничной охраны. Наряду с серийным строительством ПСКР «Тарантул» ПО «Алмаз» вело подготовку к переходу на строительство ПСКР новых проектов ЦМКБ «Алмаз», о чем пойдет речь ниже.

Особое место в продукции ПО «Алмаз» занимают правительственные яхты. Не останавливаясь на яхтах довоенного времени (МО-1, ГК-4 и т.д.), яхтах пр. 360, построенных в 1960–1961 гг. следует упомянуть яхты пр. 1360, разработанному ЦМКБ «Алмаз». ПО «Алмаз» в 1978 и

1979 гг. построило два экземпляра. Яхта пр. 1360 «Кавказ» в 2002 г. прошла модернизацию на нашем заводе и еще 10 лет обслуживала Правительство РФ в Сочи. В процессе выполнения модернизационных работ на яхте «Кавказ» нашу фирму посетил Президент РФ В. В. Путин.

ВРЕМЯ ПЕРЕМЕН

В 1970–1990 гг. коллективом предприятия был накоплен бесценный опыт создания уникальных катеров и малых кораблей для отечественного ВМФ и на экспорт. Начавшиеся в начале 1990-х гг. центробежные процессы в стране отразились и на жизни нашего предприятия. В 1991 г. прекратило существование объединение – ЦМКБ «Алмаз» предпочло самостоятельный «полет». Судостроительное производство на Петроградской и Василеостровской площадках было преобразовано в «Судостроительную фирму «Алмаз». В 1991 г. предприятие построило последние корабли – МРК «Овод», ПСКР «Тарантул» и МДК «Зубр», служившие основным источником финансирования. Страна переходила на рыночную экономику. Из-за отсутствия финансирования отечественный ВМФ не заказывал и кораблей новых проектов. Началось акционирование предприятий. Наше предприятие в 1993 г. получило статус «Акционерное общество открытого типа «Судостроительная фирма «Алмаз». Из-за прекращения централизованного финансирования не удалось завершить капитальное строительство на Петроградской площадке. Провозглашенная правительством программа конверсии производства также не была подкреплена соответствующими финансами. Так называемые товары народного потребления не могли загрузить мощности, хотя к 1990-му году завод выпускал до 11 тысяч кроватей и 70 тысяч журнальных столиков. Было освоено производство рассадопосадочных машин, но массового спроса из-за отсутствия средств у сельского хозяйства тоже не было. Генеральный директор предприятия А. П. Королев понимал, что без судостроительной тематики заводу не выжить. В процессе самостоятельного поиска заказчиков был освоен выпуск крейсерских яхт. Однако наиболее удачным маркетинговым ходом фирмы было предложение Министерству экологии более привлекательного, чем решения других фирм варианта природоохранного судна в виде мелкосидящего катамарана. Согласно заключенному с Министерством экологии контракту предприятие в 1993 г. приступило к постройке первого речного судна-катамарана «Экопатруль».

Из производственников, строивших это судно, надо отметить И. Чижова, С. Григорьева, Ю. Крупина. Это было уникальное, во многом первое в



Судно-катамаран «Экопатруль»

мире судно подобного типа. В 1990-е гг. предприятие построило несколько природоохранных судов по основному проекту и его модификациям. За создание их генеральный директор нашего завода А. П. Королев и главный инженер Н. Н. Ивакин были удостоены Премии Правительства РФ.

Финансовой устойчивости предприятия в эти сложные годы помогло и освоение нового проекта пограничного корабля. В связи с моральным устареванием ПСКР «Тарантул» ЦМКБ «Алмаз» в конце 1980-х гг. спроектировало ПСКР «Светляк». В 1992 г. завод по этому проекту построил головной ПСКР «Светляк». Всего в 1990-е гг. предприятие построило 7 кораблей этого типа. Создание ПСКР «Светляк» было отмечено Премией Правительства РФ. Среди лауреатов – начальник цеха нашего завода М. С. Каримова, главный строитель корабля – И. Чижов.



ПСКР пр. 10410 «Светляк»

В 1996 г. предприятие было преобразовано в ОАО СФ «Алмаз», а в 1997 г. оно на производственных площадях Василеостровской площадки фирмы учредило дочернее предприятие – ОАО «Морской завод «Алмаз».

Руководству фирмы «Алмаз» удалось после акционирования сохранить мощное судостроительное производство, способное выпускать самые современные корабли. Подтверждением этого стал заключенный в 2000 г. контракт на строительство для Греческой Республики самых крупных и совершенных в мире КВП пр. «Зубр».

СФ «АЛМАЗ» В ТРЕТЬЕМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ

Перейдя на рыночные условия хозяйствования, СФ «Алмаз» к началу XXI в. обрела финансовую устойчи-

вость, чему во многом способствовали экспортные контракты на поставку Греции КВП типа «Зубр» и Вьетнаму ПСКР типа «Светляк».

Наряду со строительством новых кораблей большое внимание в эти годы уделялось завершению капитального строительства, в первую очередь введению в строй большого эллинга на Петроградской площадке. Это позволило вести полный цикл строительства корабля в цеховых условиях до спуска его на воду, что способствовало улучшению условий труда в зимние месяцы и, соответственно, повышению производительности.

После передачи в декабре 2000 г. заказчику – Греческой Республике – первого амфибийного МДК типа «Зубр», получившего название «Кефалиния», фирма приступила к строительству очередного малого десантного корабля «Зубр» для этого заказчика, названного «Закинтос». После его передачи в сентябре 2001 г. греческой стороне было подписано дополнительное соглашение на строительство третьего КВП – «Керкира». Этот КВП был передан заказчику в 2004 г.



ДКВП «Зубр» для ВМС Греции

Почти параллельно со строительством КВП типа «Зубр» для Греции СФ «Алмаз» выполнила ремонтные работы на КВП типа «Зубр» – «Евгений Кочешков» и «Мордовия». Работы по строительству КВП типа «Зубр» возглавлял заместитель генерального директора А. А. Пономарев. Большой вклад в строительство и последующую сдачу этих кораблей внесли М. Розенберг, С. Караченко, Б. Тищенко, В. Лебедев, В. Платонов, Д. Дементьев. На строительстве этих кораблей выросли молодые мастера А. Гегуев, В. Колесник, А. Конохов, А. Маммаев, И. Мухутдинов, А. Старостин, Г. Чукавин и др.

За успехи в области производства экспортно-ориентированной продукции военного назначения Комитет военно-технического сотрудничества России в декабре 2003 г. отметил фирму почетной премией «Золотая идея».

В июле 2001 г. морским пограничникам России фирма сдала очередной ПСКР «Светляк», которому было присвоено имя «Валентин Пикуль» (строитель – М. Сошкин»). В 2003 г. СФ «Алмаз» передала министерству обороны Вьетнама два сторожевых пограничных корабля типа

«Светляк» (строитель – И. Чижов). В 2004–2015 гг. для отечественных морских пограничников были построены четыре ПСКР типа «Светляк».

В 2008–2012 гг. для Вьетнама были построены еще два таких ПСКР. Практически параллельно СФ «Алмаз» выполняла контракт по поставке одного ПСКР этого типа в Словению.

Всего в XXI в. СФ «Алмаз» построила 10 ПСКР типа «Светляк», в том числе 5 для отечественного заказчика и 5 на экспорт. В настоящее время в постройке находится очередной ПСКР типа «Светляк» для отечественных пограничников (зав. № 313), проект которого подвергся значительной модернизации.

Важным событием в жизни фирмы явилась закладка 29 января 2004 г. малого артиллерийского корабля (МАК) типа «Буян» для отечественного ВМФ, получившего название «Астрахань».



МАК «Астрахань» пр. 21630

Этому событию предшествовал конкурс, который был объявлен ВМФ России. Наша фирма победила в результате острой конкурентной борьбы. Корабль спроектирован Зеленодольским ПКБ под руководством главного конструктора Я. Кушнира. При сравнительно малом водоизмещении 520 т корабль насыщен вооружением. Старшим строителем корабля был назначен В. Платонов, строителем по механической части – Б. Тищенко. Ответственность за строительство и сдачу корабля от руководства фирмы была возложена на главного инженера В. Г. Демченко. Много хлопот при постройке головного корабля доставило создание впервые в отечественной практике водометных движителей. мощностью около 6000 л.с. Здесь проявил свои организаторские способности заместитель начальника технического управления Н. Ильичев. На головном корабле были внедрены новые материалы и технологии при изоляции и отделке помещений. 7 октября 2005 г. головной корабль «Астрахань» был спущен на воду. Согласно приказу генерального директора ответственным сдатчиком корабля был назначен В. Лебедев, а его заместителем по электромеханической части – Б. Тищенко. 1 сентября 2006 г. главнокомандующий ВМФ адмирал В. Масорин утвердил

приемный акт корабля, и состоялся торжественный подъем флага на МАК «Астрахань». Это был первый в третьем тысячелетии надводный корабль, который спроектирован и построен для ВМФ РФ. Строительство корабля «Астрахань» – прекрасный пример четкого соблюдения сроков и высокого профессионального уровня предприятия. Все новые конструктивные решения на корабле были отработаны всего за полтора года. Новые прогрессивные решения, заложенные в проект этого корабля, явились основанием для присуждения его создателям Премии Правительства РФ; от СФ «Алмаз» за эту работу лауреатами стали – бывший главный инженер В. Демченко и слесарь-монтажник С. Лозбенев.

После сдачи головного корабля «Астрахань» СФ «Алмаз» получила заказ на строительство двух серийных МАК этого типа. В 2011 г. был построен первый серийный МАК «Волгодонск», а в 2012 г. – второй серийный МАК «Махачкала». Большой вклад в сдачу этих кораблей внес начальник технического управления И. Мухутдинов, на которого было возложено общее руководство проведением испытаний и обеспечением сдачи заказчику – ВМФ России. Из производственников, строивших и сдававших эти корабли, следует отметить также С. Караченко, В. Платонова, Б. Тищенко, Д. Дементьева, М. Дементьева, Г. Чукавина. Все корабли типа «Буян» вошли в состав 327-го гвардейского дивизиона артиллерийских кораблей Каспийской флотилии.

В 2006 г. Федеральная пограничная служба России разработала ТТЗ на проектирование ПСКР нового поколения. От своего предшественника – ПСКР типа «Светляк» – он должен был отличаться увеличенными дальностью плавания и автономностью, улучшенными бытовыми условиями для экипажа, а главное – возможностью существенного увеличения контролируемой зоны с помощью размещаемого на корабле легкого вертолета или беспилотного летательного аппарата. Тендер на разработку этого ПСКР выиграло АО «Северное ПКБ». Главным конструктором был назначен А. Ю. Наумов. В начале 2007 г. ОАО «СФ «Алмаз» выиграло тендер на строительство головного ПСКР типа «Охотник», а 3 сентября 2007 г. на стапелях СФ «Алмаз» был заложен головной ПСКР типа «Охотник», получивший наименование «Рубин».

Старшим строителем был назначен М. Дементьев, а главным технологом А. Завьялов. Ответственным за строительство корабля по линии администрации был назначен начальник Технического управления СФ «Алмаз» И. М. Мухутдинов. Из производственников фирмы, принимавших



ПСКР «Рубин» пр. 22460

участие в строительстве этого корабля, следует отметить Е. Воскресенского, О. Измайлова, Е. Гефранутдинова, С. Калашникова, А. Маммаева, С. Рамазанова, И. Скитера, М. Борисенко, И. Касьянову, С. Воробьеву, С. Козлову, Г. Никифорову.

26 июня 2009 г. ПСКР «Рубин» был спущен на воду. Общее руководство испытаниями и сдачей корабля было возложено на начальника ТУ И. М. Мухутдинова. Ответственным сдатчиком был назначен М. Дементьев, а его заместителем по электромеханической части С. Калашников. 14 ноября 2009 г. Государственная комиссия подписала приемный акт ПСКР «Рубин». В 2010 г. он был переведен внутренними водными путями на Черное море и принял участие в охране морской государственной границы России в районе г. Сочи во время зимней олимпиады 2014 г. Перед отправкой к месту постоянного базирования на фирме «Алмаз» 12 мая 2010 г. состоялась церемония торжественного подъема флага. На церемонии присутствовали директор ФСБ России А. В. Бортников, руководитель пограничной службы России В. Е. Проничев, губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко и начальник Отдела береговой охраны – заместитель начальника пограничного управления ФСБ России по Петербургу и Ленинградской области капитан 1 ранга Г. Н. Медведев. После строительства головного ПСКР «Рубин» Пограничная служба ФСБ России заказала СФ «Алмаз» строительство серии кораблей типа «Охотник».

В июне 2012 г. был построен и передан в состав ПС ФСБ России ПСКР «Бриллиант», а в сентябре 2012 г. – ПСКР «Жемчуг». В 2014 г. заказчику были переданы ПСКР «Изумруд» и «Аметист», в 2016 г. ПСКР «Проворный» и «Надежный», а в 2017 г. – ПСКР «Бдительный».



ПСКР «Проворный» с вертолетом

В постройке со сроком сдачи 15 октября 2018 г. находится ПСКР «Безупречный». Всего СФ «Алмаз» построила 9 ПСКР типа «Охотник». Старшими строителями, а затем и ответственными сдатчиками этих кораблей назначались И. Чижов, А. Старостин и Д. Дементьев. В процессе строительства ПСКР типа «Охотник» встретились трудности в связи с введенными санкциями против России – пришлось заменить механическую установку и весь пропульсивный комплекс западногерманской комплектации на похожий комплекс поставки КНР. Были и другие более мелкие замены. Работа по созданию ПСКР типа «Охотник», позволившая оснастить Береговую охрану Пограничной службы ФСБ России новыми более совершенными кораблями, была отмечена Премией Правительства России за 2015 г. В числе лауреатов от СФ «Алмаз» – начальник ТУ (на момент награждения) И. М. Мухутдинов, сборщик корпусов О. Н. Измайлов, мастер С. А. Калашников, слесарь-монтажник И. А. Скитер.

В 2007 г. в эллинге ОАО «МЗ «Алмаз» было заложено патрульное судно ледового класса типа «Пурга», спроектированное ПКБ «Петробалт» (главный конструктор – И. Щербаков). Первоначально оно предназначалось для Таможенной службы России, но после отказа последней от продолжения строительства было предложено морским пограничникам ФСБ России и принято ими. Пограничников привлекло то, что корпус судна имеет ледовое усиление, обеспечивающее ему самостоятельное плавание в разреженном однолетнем льду толщиной до 0,6 м в период зимне-весенней навигации и 0,8 м в летне-осеннюю навигацию с допустимой скоростью 6–8 уз. Старшим строителем был В. Платонов, главным технологом – С. В. Особин. Работами по корпусу руководил старший строитель А. Архаров, по механической части – старший строитель К. Иваненко. 22 декабря 2010 г. судно было принято Государственной комиссией. С открытием навигации 29 апреля 2011 г. на судне был торжественно поднят флаг, а 4 мая судно, получившее первоначально литерно-цифровое обозначение ПС-824 (позднее наименование «Контр-адмирал Колчин Е. С.»), взяло курс на Мурманск, а затем Северным морским путем было переведено к месту постоянного базирования в порт Невельск на Сахалине.

1 марта 2011 г. Погранохрана ФСБ России заключила с ОАО «СФ «Алмаз» на строительство следующего судна типа «Пурга». В проект было внесено много изменений, связанных со спецификой использования судна. Первое серийное судно было заложено 25 ноября 2011 г. Старшим строителем был назначен А. Архаров, главным техно-

логом А. Бортников. 25 июня 2013 г. судно, получившее литерно-цифровое обозначение ПС-825, было принято Государственной комиссией в состав Пограничной службы ФСБ России, а затем Северным морским путем переведено в порт Невельск на Сахалине.



Патрульное судно пр. 22120 «Пурга»

Эксплуатация двух судов типа «Пурга» позволила определить тактику их использования в условиях Дальнего Востока с учетом решений, принятых руководством страны по сохранению природных ресурсов арктического и дальневосточного регионов.

В октябре 2016 г. Пограничная служба ФСБ России заключила с ПАО «СФ «Алмаз» контракт на поставку третьего судна типа «Пурга». Проект надлежало коренным образом переработать. Наряду со специалистами ЗАО «Спецсудопроект» в эту работу активно включились специалисты ПАО «СФ «Алмаз». Особо следует отметить С. Александрийскую, Д. Попова, Н. Ярчака, Е. Халанай, А. Кравченко. Согласно контракта надлежало определить ледопробитность судна, для чего в ледовом бассейне ФГУП «Крыловский ГИИ» были проведены модельные испытания. Они подтвердили достижение предусмотренных контрактом ледовых характеристик судна.

Судно, получившее наименование «Керчь», было заложено 24 мая 2017 г. в большом эллинге фирмы на Петроградской площадке. Старшим строителем был назначен А. Архаров, главным технологом А. Кравченко. Общее руководство работами было возложено на директора по производству С. А. Караченко. На момент написания настоящей статьи судно спущено на воду и проходит испытания. Его сдача запланирована на октябрь 2018 г.

Работа по созданию и совершенствованию судов типа «Пурга» – еще одно подтверждение высокого профессионализма ПАО «СФ «Алмаз».

Наряду со строительством кораблей и судов, водоизмещение которых превысило 1000 т (суда типа «Пурга»), ПАО «СФ «Алмаз» не забывает свою причастность к скоростному катеростроению. Верная своему чувству нового, фирма «Алмаз», отслеживая рынок идей, приобрела проект и в 2006 г. за счет собственных оборотных средств построила новейший патрульный катер «Соболь», разработка ЦМКБ «Алмаз» (главный конструктор – Б. Лейкис), не имеющий аналогов в России и за рубежом. Система автоматически

управляемых днищевых интерцепторов позволяет катеру развивать скорость хода до 48 уз и существенно снижать амплитуды бортовой и килевой качки при ходе на волнении, что дает возможность 60-тонному катеру использовать оружие на волнении 3 балла и находиться в море до 6 баллов. На выставке «Interpolitex–2006» специалисты СФ «Алмаз» совместно со специалистами ЦМКБ «Алмаз» провели презентацию катера «Соболь» для представителей ВМС стран СНГ. За строительство головного катера «Соболь» СФ «Алмаз» была награждена специальным дипломом морских частей пограничной службы ФСБ РФ.



Катер пр. 12200 «Соболь»

Головной катер приобретен морскими пограничниками, а фирма получила заказ на серию подобных катеров как для отечественных пограничников, так и пограничников СНГ (Республика Туркменистан). Всего за прошедшие годы на СФ «Алмаз» совместно с Морским заводом «Алмаз» построен 21 катер этого типа. География их службы весьма разнообразна – от Балтики и Черного моря до Севера и Дальнего Востока. Строителями и ответственными сдатчиками этих катеров были Б. Тищенко, М. Дементьев, Г. Чукавин, В. Платонов, К. Иваненко, А. Старостин, Н. Ковалев. Днищевые интерцепторы изготавливались на производстве № 3 под руководством В. Любешкина, П. Соколова сотрудниками С. Матяшовым, В. Коряжиным и др.

Наряду с катерами типа «Соболь» на МЗ «Алмаз» в 2003–2008 гг. были построены скоростные катера пр. А-125 и пр. А-125М, разработанные «АГАТ Дизайн Бюро» (гл. конструктор С. Породников). Они успешно эксплуатируются ПС ФСБ России в районе г. Калининграда.

В начале 2007 г. СФ «Алмаз» заключила контракт на поставку для таможенной службы Азербайджана 4 катеров пр. НРВ 152, разработанных Санкт-Петербургским филиалом фирмы МТД (гл. конструктор – С. Павлов).

В том же 2007 г. все четыре катера были отгружены заказчику. При водоизмещении около 17 т они развивают скорость около 47 уз.

Работая в тесном контакте с администрацией города и всегда отзываясь на ее запросы, СФ «Алмаз» заложила в ноябре 2007 г. буксир-ледокол для акватории Невы для устранения ледовых заторов на р.Нева. Проект разработан ОАО «Инженерный центр судостро-



Катер пр. НРВ 152

ения» (гл. конструктор – А. Бенесон, старший строитель судна – М. Чернов, ответственный за сдачу судна директор по производству – С. А. Караченко).

Судно водоизмещением около 900 т может взламывать лед толщиной 0,6–0,7 м. Особенностью его является также подъемно-опускная рубка, обеспечивающая проход под петербургскими мостами без их разводки. 27 февраля 2010 г. ледокол, получивший наименование «Невская застава», был передан заказчику. Это единственное судно в Северо-Западном регионе, способное не только устранять заторы на р. Нева, но и проводить караваны судов.

Построив это уникальное судно, насыщенное оборудованием также для борьбы с пожарами и разливами нефти, коллектив СФ «Алмаз» еще раз доказал свое высокое мастерство.



Ледокол «Невская застава»

Начавшееся в XXI в. активное обновление корабельного состава ВМФ России потребовало строительства современного портового флота и флота обеспечения, в том числе парка плавкранов. Согласно заданию ВМФ петербургское ЗАО «Спецсудопроект» разработало технический проект самоходного плавкрана, одобренный заказчиком.

В апреле 2013 г. СФ «Алмаз», традиционно являющаяся строителем скоростных катеров и малых кораблей для ВМФ России и на экспорт, заключила контракт на строительство 9 морских самоходных плавкранов грузоподъемностью 35–150 т. Эти плавкраны предназначены для выполнения всех видов грузоподъемных операций, погрузки на надводные корабли, подводные лодки и другие суда ВМФ РФ. К моменту заключения контракта на строительство плавкранов кроме техпроекта никакой

рабочей конструкторской документации не было. Учитывая сжатые сроки поставки кранов ОАО «Алмаз» в который раз пришлось к разработке рабочих чертежей привлечь своих сотрудников С. Александрийскую, С. Особина, А. Романова, Е. Халанай, Д. Попова, Р. Рязанова. 17 мая 2013 г. на Петроградской площадке фирмы был заложен головной плавкран (зав. № 900), а 2 сентября 2013 г. здесь же заложили первый серийный плавкран (зав. № 901), приурочить это мероприятие к двум юбилейным датам – 80-летию СФ «Алмаз» и 65-летию её генерального директора Л. Г. Гравовца. Выступивший на этом мероприятии заместитель главкома ВМФ России вице-адмирал А. Н. Федотенков пожелал фирме и её генеральному директору быть лидерами в освоённой СФ «Алмаз» нише судостроения. 30 августа и 30 сентября 2013 г. на Василеостровской площадке (МЗ «Алмаз») были заложены плавкраны зав. № 902 и № 903.

На Петроградской площадке фирмы работы по кранам возглавили директор по производству С. А. Караченкой строители Г. Чукавин и Д. Дементьев, а на Василеостровской площадке – директор МЗ «Алмаз» В. М. Иванов и строители А. Старостин и К. Иваненко.

Из производственников следует также отметить С. Првдинского, В. Колесника, И. Пристюка, С. Крисса, А. Максименко, И. Касьянову, С. Воробьеву, А. Маммаева, А. Гегуева, М. Поречного, А. Конюхова, Е. Гефранутдинова, А. Кольцова, А. Власова, В. Пахомова и др.

После спуска на воду 6 мая 2014 г. головной плавкран стали готовить к испытаниям. Ответственным сдатчиком заказа был назначен Г. Чукавин, его заместителем – Д. Дементьев, сдаточным механиком – Е. Гефранутдинов. При монтаже крановой установки наряду с немецкими специалистами большую роль сыграл Д. В. Спиридонов. Из управления качества следует отметить П. П. Полищука, А. Корнеенкова, А. Буркова. Госиспытания головного плавкрана были завершены 30 октября 2014 г. Практически одновременно был принят и первый серийный плавкран зав. № 901. 28 ноября 2014 г. на СФ «Алмаз» состоялась торжественная церемония подъема флага на обоих плавкранах в присутствии заместителя ми-

нистра обороны России генерала армии Д. В. Булгакова. После успешной сдачи первых плавкранов казалось, что трудностей не будет, но они возникли из-за введенных против России санкций, что привело к замене ряда оборудования и корректировке чертежей.



Плавкран пр. 02690

К моменту написания настоящей статьи фирмой «Алмаз» сданы ВМФ 9 плавкранов пр. 02690, которые хорошо зарекомендовали себя в работе. Поэтому ВМФ заказал СФ «Алмаз» вторую серию таких судов. В настоящее время на Петроградской площадке фирмы спущен первый плавкран второй серии и подготовлен к спуску плавкран на Василеостровской площадке. Освоив эту новую для себя продукцию, СФ «Алмаз» стала обладателем многих ноу-хау.

По итогам проведенной работы многие сотрудники ПАО СФ «Алмаз» были награждены грамотами и благодарственными письмами заказчика и руководства города. Кроме того, внесшие наибольший вклад в создание этих плавкранов старшие строители Д. Дементьев, Г. Чукавин и главный технолог С. Курятков были награждены ведомственной медалью Адмирала Флота Советского Союза – Горшкова.

В 2001–2002 гг. правительственная яхта «Кавказ» проходила модернизацию на СФ «Алмаз». Были заменены главные двигатели, радионавигационное оборудование, заменены мебель и напольные покрытия, улучшен комплекс противозвонных мероприятий.

В те же годы на ОАО МЗ «Алмаз» был построен скоростной пассажирский паром-катамаран «Линда». Проект судна разработан петербургским филиалом фирмы МТД под руководством главного конструктора С. Павлова. Благодаря системе носовых управляемых подводных крыльев и кормовых интерцепторов достигается скорость хода 55 уз. Паром

«Линда» был предназначен для перевозки 300 пассажиров на линии Таллин–Хельсинки. Он успешно эксплуатировался, но позднее был продан в КНР.

В 2003 г. фирмой «Алмаз» построено пассажирское судно на воздушной подушке «Ирбис». Оно предназначено для перевозки 32 пассажиров. Затем его продали в Якутию, где он успешно эксплуатировался на местных линиях.

В 2006–2007 гг. на ОАО МЗ «Алмаз» были построены два представительских катера типа «Хоста» по проекту, разработанному ЦМКБ «Алмаз» (гл. конструктор – В. Кучер). При водоизмещении около 10 т катер развивает скорость хода до 30 уз. Предназначен для проведения деловых встреч.

В настоящей статье изложена информация далеко не обо всех образцах продукции, построенной на СФ «Алмаз» в XXI в. и находящейся в постройке в настоящее время. Но и приведенные материалы свидетельствуют о разнообразии производимой продукции. Искреннему читателю понятен тот труд, который требуется от коллектива завода при переходе от одного вида продукции на другой, особенно малосерийной. Но все эти испытания оказались по силам СФ «Алмаз».

Впереди у СФ «Алмаз», возглавляемой генеральным директором И. М. Мухутдиновым, новые важные задачи – предстоит постройка ледокола для ВМФ России. Это судно водоизмещением около 4000 т находится на пределе технологических возможностей фирмы и явится очередной проверкой способностей ее коллектива. Мы верим, что справимся и с этой задачей.

Оценивая производственный путь СФ «Алмаз» в XXI в., следует сказать, что успешная эксплуатация построенных на фирме катеров и кораблей как в отечественном ВМФ, так и зарубежом, является лучшим подтверждением репутации фирмы как высококвалифицированного строителя катеров и кораблей специального назначения. Всего за 85 лет своего существования на предприятии построено свыше 1200 катеров и кораблей для отечественных и зарубежных заказчиков. География поставок продукции фирмы весьма широка – от Греции, Словении, Египта до Индии, Вьетнама и Кубы. ■



1 сентября 2018 г. исполняется 70 лет Леониду Герасимовичу Грабовцу – председателю Совета директоров ПАО «Судостроительная фирма «Алмаз» и ОАО «Морской завод «Алмаз», директору по стратегическому развитию ПАО «СФ «Алмаз», академику Санкт-Петербургской инженерной академии, члену-корреспонденту Российской инженерной академии, вице-президенту Ассоциации промышленных предприятий, заместителю президента Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга, члену Совета Торгово-промышленной палаты Санкт-Петербурга, действительному члену Морского Собрания Санкт-Петербурга, члену Морского совета при губернаторе Санкт-Петербурга.



Л. Г. Грабовец родился 1 сентября 1948 г. в селе Пульмо Любомильского района Волынской области. После школы прошел службу в армии (1966–1968). С 1968 г. в течение 50 лет трудовая жизнь Леонида Герасимовича неразрывно связана с СФ «Алмаз», где он начал свою трудовую деятельность в качестве ученика токаря. Без отрыва от производства в 1975 г. закончил Ленинградский судостроительный техникум, а в 1986 г. – Северо-западный заочный политехнический институт.

Большие организаторские способности в сочетании с инженерными знаниями позволили Л. Г. Грабовцу в дальнейшем занять должность генерального директора, а с 2016 г. – председателя Совета директоров двух заводов – ПАО «Судостроительная фирма «Алмаз» и ОАО «Морской завод «Алмаз».

К 70-ЛЕТИЮ Л. Г. ГРАБОВЦА

ПАО СФ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 5148

Л. Г. Грабовец принимал личное участие в строительстве более ста кораблей и катеров для ВМФ России и морских частей Пограничной службы России.

Леонид Герасимович внес большой вклад в международное военное сотрудничество: в 2001–2004 гг. под его руководством были успешно реализованы контракты на поставку трех десантных кораблей на воздушной подушке «Зубр» для ВМС Греции; в 2002 и 2010 гг. – на поставку четырех патрульных кораблей «Светляк» для ВМС Вьетнама; в 2007 г. – на поставку четырех скоростных катеров для МЧС Азербайджана; в 2009 г. – на поставку двух патрульных катеров «Соболь» для Туркменистана и в 2010 г. – на поставку патрульного корабля «Светляк» для Словении.

Под руководством Л. Г. Грабовца «Алмаз» построил для Каспийской флотилии серию малых артиллерийских кораблей проекта «Буян». При его непосредственном участии в 2013 г. был заключен контракт на строительство девяти плавучих самоходных плавучих кранов пр. 02690 для ВМФ России. В этот же период под руководством Л. Г. Грабовца заключены контракты на строительство серии из пяти кораблей

пр. 22460 «Охотник», пр. 10410 «Светляк», пр. 22120 «Пурга» для Пограничной службы ФСБ России.

Л. Г. Грабовец награжден многими правительственными наградами, медалями и памятными знаками, в том числе медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Он – лауреат Государственной премии Правительства РФ, которая присуждена ему за участие в создании головного ракетного катера «Молния» (1998).

За большой вклад в реализацию совместных проектов и привлечение инвестиционных средств в экономику Российской Федерации, а также за широкую благотворительную деятельность в 2013 г. Леонид Герасимович награжден орденом Дружбы.

Коллектив «Судостроительной фирмы «Алмаз» сердечно поздравляет Леонида Герасимовича с 70-летием и желает ему крепкого здоровья, творческого долголетия и больших успехов в работе на благо и процветание нашей Родины!

Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру новых свершений в профессиональной деятельности. ■



Вручение Ордена Дружбы Президентом РФ В.В. Путиным 25 декабря 2013 г.

Тематика строительства под класс РМРС высокотехнологичных и крайне насыщенных оборудованием рыбопромысловых судов, оснащенных также РМУ и фабрикой по переработке продукции полного цикла, является новой не только для верфей, но и для заказчиков, проектантов и поставщиков оборудования. Причиной является тот факт, что подобные суда не строились на отечественных верфях более 30 лет, так как ранее рыбопромысловые компании предпочитали обновлять флот путем закупки б/у судов за рубежом или их постройки на зарубежных верфях.

Принимая во внимание отсутствие отвечающих всем требованиям заказчиков готовых проектов российской разработки, а также требования постановлений правительства, предусматривающих разработку технического проекта, рабочей и эксплуатационной документации отечественными проектными бюро под класс РМРС, «Выборгский судостроительный завод» совместно с заказчиками разработал схему создания проектов, снижающую потенциальные риски или ошибки.

Новые проекты судов решено было разрабатывать силами отечественного проектного бюро не с нуля, а на базе документации одного из наиболее опытных норвежских проектантов – компании Skipsteknisk AS, что позволяло бы в полной мере перенести в Россию передовой опыт норвежских коллег, включая специфическую информацию касательно новейшего оборудования, которым оснащено судно: траловый комплекс нового поколения, фабрика по переработке полного цикла, высочайший уровень автоматизации. При этом норвежский проектант также получал опыт разработки документации под класс РМРС, что позволило бы ему укрепить свои позиции на рынке гражданских судов в России.

Для разработки РКД было привлечено несколько российских проектантов, имеющих опыт работы с норвежскими коллегами по разработке конструктивных чертежей корпусных конструкций для рыбопромысловых судов, строящихся на зарубежных верфях, и имеющих значительный опыт разработки документации рабочего проекта на установку специализированных судовых устройств, таких как траловые лебедки, лебедки Гилсона, ваерные лебедки и т. д.

Дополнительно в самой начальной стадии заводом были проведены стартовые совещания, в которых принимали участие РМРС, АО «ЦНИИМФ» (охрана труда и санитарные правила), проектные организации (в том числе норвежский проектант), заказчики судов. Помимо обсуждения и согласования предлагаемой заводом организационной схемы проектных работ, обсужде-

АКТУАЛЬНЫЙ ОПЫТ ПАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД» ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ С ПРОЕКТАНТАМИ И РМРС ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СОВРЕМЕННЫХ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ СУДОВ

*А.С. Соловьев, ген. директор
ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. (81378) 264 32, 286 86*



ния сроков и регламента рассмотрения РМРС и российскими надзорными органами (РНО) разрабатываемой проектной документации, на данных совещаниях достаточно предметно рассматривались в первом приближении проектные решения, которые применяются зарубежными проектными организациями на базе продемонстрированной норвежским проектантом Skipsteknisk AS документации ближайшего (по назначению, району эксплуатации, габаритам) судна-прототипа. Подобный подход на начальных этапах проектирования позволил заводу и всем участникам совещаний предварительно ознакомиться с основными конструктивными особенностями современных проектов судов рыбопромыслового флота и сопоставить в первом приближении эти решения с требованиями РМРС и администрации флага. Так, по результатам ознакомления с представленной норвежским проектантом документацией ближайшего судна-прототипа было выявлено несколько основных проектных решений, ставших предметом отдельного рассмотрения со

стороны РМРС и требующих проведения экспертизы или вовсе противоречащих его действующим правилам, а именно:

- наличие бульбовой носовой оконечности, не характерной для судов, имеющих усиление корпуса под ледовый класс Arc4, что является предметом отдельного рассмотрения РМРС;
- недопустимость по правилам РМРС заливки бетоном внутренних труднодоступных мест в конструкции бульбы и в других сложноступных местах в корме оконечности судна;
- несоответствие правилам РМРС методологии определения зон ледовых усилений в районе переменной ватерлинии и, соответственно, определение размеров корпусных связей в этой зоне;
- взаимное расположение помещений электропитовых и судовых топливных, масляных цистерн, что является предметом отдельного рассмотрения РМРС;

- конструкция коробчатого килля и киль-балласта с точки зрения возможности испытаний на герметичность этих объемов и последующего освидетельствования в период эксплуатации судна;
- отсутствие шахт аварийных выходов из машинных помещений;
- ширина проходов на путях эвакуации и местах посадки в спасательные устройства;
- применение системы объемного пожаротушения с инергеном (вместо системы углекислотного пожаротушения CO₂);
- расчеты по остойчивости и непотопляемости;
- объемы примакающих к наружной обшивке судна топливных и масляных цистерн, что требует обоснования для РМРС из-за требований Международной конвенции МАРПОЛ 73/78 к допустимым значениям;
- расположение канала перетока дизельного топлива (используемого как система успокоения качки) по отношению к жилым и общественным помещениям, что должно стать предметом отдельного рассмотрения РМРС с обязательным принятием специальных конструктивных мер по обеспечению конструктивной противопожарной защиты;
- расстояние между стыковыми и угловыми сварными швами в корпусных конструкциях менее 75 мм, что противоречит Правилам РМРС и т. д.

По отношению к требованиям администрации флага (РНО) были выявлены отступления: по расчетам количества посадочных мест в столовой, отсутствию салона отдыха для экипажа; количеству горловин при габаритах отсеков по длине/ширине более 7 м; отступлению по высоте в свету в служебных помещениях; несоответствию требованиям СанПин в определении площадей и номенклатуры помещений медицинского назначения (амбулатория, изолятор, госпиталь) для судов соответствующей категории; отступлению от правил техники безопасности по расстоянию между швартовными клюзами и кнехтами (должно быть не менее 1500 мм) и пр.

Все вышеперечисленные проектные решения, принятые в зарубежной практике, были учтены заводом при разработке проектной документации и позволили определить номенклатурный перечень этой документации, необходимой для РМРС и РНО с целью ее согласования и получения экспертных заключений.

В то же время в процессе работы были выявлены отдельные положения

Правил РМРС, которые, по мнению завода, применительно с рыболовными судами с учетом зарубежной практики и положений зарубежных классификационных обществ являются излишними, устаревшими и в целом нецелесообразными, в том числе:

- требования Правил РМРС к составу якорного устройства: по Правилам РМРС в составе якорного устройства должна быть только якорная цепь. Однако при внимательном ознакомлении с составом якорного устройства на зарубежных проектах (в том числе на строящемся траулере пр. ST-118 на верфи «Симек», Норвегия) вместо якорных цепей широко применяются стальные тросы, что вполне допустимо по положениям DNV. Подобные проектные решения (применение стальных тросов) позволяют существенно упростить конструкцию якорного устройства (например, исключить УКЦ), значительно проще становится конструкция самих якорных лебедок и меньше их габариты, что, в свою очередь, позволяет обеспечить в помещении якорно-швартовых устройств больших по площади свободных пространств, соответственно снизить насыщенность корпусных конструкций;
- в части VI Правил РМРС «Конструктивная противопожарная защита» один-в-один переписаны положения Конвенции СОЛАС-74 без каких-либо оговорок о распространении отдельных пунктов данного раздела на рыболовные суда (при том, что данная конвенция на них вообще не распространяется). Вследствие этого у завода возникают существенные проблемы по согласованию документации техпроекта в части конструктивной противопожарной защиты, что привело к задержке разработки документации рабочего проекта – это было связано с требованием РМРС о внесении в конструкцию шахт аварийных выходов из машинных помещений, что было невозможно по причине малых габаритов машинных помещений и наличия траловой палубы. По мнению завода, положения Правил РМРС по конструктивной противопожарной защите нужно существенно доработать применительно к рыболовным судам, опираясь на зарубежную практику;
- аналогичная ситуация сложилась с требованиями Правил РМРС в отношении углов притыкания к палубам наклонных трапов в машинных помещениях. В зарубежных классификационных обществах (например, DNV) разрешается уметь угол при-

тыкания наклонных трапов до 60° против 50° в РМРС. Размещение наклонных трапов с углом притыкания 50° в очень насыщенных машинных помещениях очень затруднительно с проектной точки зрения;

- наличие судового электрооборудования, работающего при частоте 50–60 Гц переменного трехфазного тока, предназначенного для экономии судового топлива, по мнению завода, не должно быть предметом отдельного рассмотрения РМРС только лишь по причине отсутствия в положении Правил РМРС подобных технических решений. В настоящее время за рубежом эксплуатируется значительное количество таких рыболовных судов, построенных на верфях в Канаде и Норвегии (это суда «Northern Osprey III», «Havstrand», «Volstad», «Granit» и др.) и хорошо себя зарекомендовавших;
- отсутствие в Правилах РМРС специализированных судостроительных сталей повышенной твердости типа STRENX 700E и HARDOX, используемых при постройке современных рыболовных судов. Завод предлагает рассмотреть вопрос о допустимости применения указанных марок сталей с сертификатами DNV, без сертификации специализированной стали под РМРС, в котором она даже не описана как «класс» и, соответственно, не указаны требования к ее механическим свойствам и химическому составу.

По согласованию с РМРС для строящихся на нашем заводе рыболовных судах применена двухэтапная схема рассмотрения технической документации для судов в постройке – технический проект с последующим предоставлением на одобрение рабочей документации. Подобная схема для «Выборгского судостроительного завода» является самой оптимальной, так как позволяет:

- *на первом этапе*, фактически не прибегая к исходным данным от конкретных выбранных поставщиков основного и вспомогательного судового оборудования (т. е. закупочной политики), провести процедуру согласования с РМРС документации проекта, дающей представление о конструкции разрабатываемого объекта и содержащихся в ней технических решениях, влияющих на безопасность эксплуатации судна и ее соответствие требованиям международных конвенций;
- обеспечить возможность составления предварительных проектных норм расхода материалов (листовой и профильный металлопрокат, трубопроводы) по согласованным



- документам в составе техпроекта;
- обеспечить разработку полноценных исходных технических требований на поставку судового оборудования;
- на втором этапе на основании согласованного технического проекта приступить к разработке документации рабочего проекта, сконцентрировавшись при этом на детализации конструкторских решений по мере получения исходных данных от выбранных поставщиков судового оборудования;
- существенно упростить и ускорить процедуру предъявления инспектору нашего завода и представителю заказчика изготовленной продукции и выполненных монтажных работ в объеме соответствующих построенных удостоверений, не прибегая при этом к постоянным корректировкам проектной документации по мере продвижения закупочной политики, что свойственно для одноэтапной схемы согласования проектной документации (ПДСП).

Необходимо особо отметить, что применение двухэтапной схемы согласования проектной документации по опыту нашего предприятия является наиболее подходящей, когда речь идет о сложных/емких проектах, а именно таковыми представляются проекты рыболовных судов. Применение одноэтапной схемы согласования документации (ПДСП), по мнению завода, целесообразно только для небольших и простых в техническом отношении

судов, а также для переоборудования и модернизации.

Как показала практика, вышеуказанная схема взаимодействия, хоть частично и оправдала ожидания, но не смогла полностью нивелировать риски и недочеты, связанные как с отсутствием опыта работы с проектами рыбопромысловых судов у российских участников процесса, так и с особенностями разработки документации под класс РМРС. Кроме того, резкий рост заказов на рыбопромысловые суда (около 40 ед. за 2016–2017 гг.) на российских верфях повлек за собой и рост потребности в квалифицированных инженерных кадрах для проектных организаций и поставщиков, а также рост потребности в производственных рабочих на верфях, чего российский рынок судостроения не смог обеспечить в полном объеме.

Значительной проблемой также стало то, что ключевые зарубежные проектанты и поставщики, успешно получили большую часть заказов на разработку базовой документации и/или поставку оборудования, но банально не смогли обеспечить своевременное и качественное исполнение своих обязательств в срок, оказавшись перегруженными значительным числом параллельно идущих проектов. К примеру, явно недостаточное внимание уделялось соблюдению правил и норм РМРС, что приводило к большому числу ошибок и переделок, замечания РМРС отрабатывались с большими задержками и сопутствующими ошибками, несмотря на ак-

тивную помощь со стороны вовлеченных в проекты российских проектных бюро. Поставщики оборудования, в свою очередь, зачастую не могли привести свою продукцию в соответствие Правилам РМРС и получить в срок сертификаты, что дополнительно задерживало ход проектных работ и общий ход строительства.

В целом, по нашему мнению, желательно иметь одного разработчика проектной документации «под ключ», так как инженерная мысль от разработки документации технического проекта до разработки эксплуатационной документации должна быть непрерывной для таких сложных проектов. К сожалению, в текущих условиях и на данном этапе это вряд ли возможно.

Что касается технологии постройки рыболовных судов, необходимо особое внимание обратить на следующий непростой момент. В ряде случаев при проведении инспекций со стороны местных инспекторов выдвигались дополнительные требования к конструкциям, которые были ранее согласованы и одобрены Главным управлением Регистра (ГУР) в составе технического проекта. Для решения подобных вопросов мы вынуждены были прибегнуть к повторному привлечению специалистов ГУР, что, разумеется, сказывалось на продолжительности процессов строительства. По нашему мнению, недопустимо проведение ревизий проектной документации в период технического наблюдения за постройкой.

Однако с уверенностью можно сказать, что работники завода высоко оценивают деловой и конструктивный подход работников РМРС к решению вопросов, возникающих в процессе согласования документации и приемке работ в процессе строительства.

Практика последнего периода показывает, как было сказано выше, что есть насущная необходимость более детального развития требований Правил РМРС по рыбопромысловым судам, и в разработке таких Правил наши специалисты готовы участвовать и делиться своим практическим опытом.

В конце июня 2018 г. в Главном управлении РМРС состоялось расширенное совещание по вопросам надзора за постройкой рыболовных судов, по результатам которого многие из поставленных вопросов были приняты к сведению, а часть из них на сегодняшний день уже трансформировалась в конкретные решения. ■

В настоящее время одной из основных проблем, стоящих перед предприятиями оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации, является определение реальных источников формирования финансовых средств для развития производственных мощностей с тем, чтобы одновременно поддерживать выпуск перспективной продукции для обеспечения обороноспособности страны и осуществлять диверсификацию в целях импортозамещения, освоения выпуска высокотехнологичной конкурентоспособной гражданской продукции и/или изделий двойного назначения.

Основные трудности при решении данной проблемы:

- низкий уровень ликвидности предприятий ОПК. Большинство предприятий имеют высокую долговую нагрузку, что в сочетании со спецификой формирования прибыли в рамках выполнения государственного оборонного заказа (ГОЗ), неизбежно приводит к дефициту свободных денежных средств, которые могли бы направляться на модернизацию и технологическое развитие предприятий;
- дефицит бюджетных средств, выделяемых по целевым федеральным программам развития предприятий ОПК с длительным циклом производства;
- все еще высокая процентная ставка привлекаемых банковских кредитов (10 % и более), которая существенно выше реального уровня рентабельности большинства предприятий ОПК (не более 3–5 %).

В сложившихся условиях основными источниками мобилизации финансовых средств для реализации предприятием ОПК инвестиционных проектов развития производства являются *амортизация* и *прибыль* от реализации продукции. Эти же ресурсы являются основными для погашения кредитов, взятых в коммерческих банках для финансирования процессов модернизации и диверсификации.

Рассмотрим доступность и уровень вовлечения данных ресурсов в финансовый оборот компаний ОПК.

Амортизация материальных и нематериальных активов по своей сути представляет собой способ возврата инвестированного в активы капитала с целью дальнейшего его реинвестирования в непрерывное развитие и обновление производственно-технологической базы.

Грамотно сформированные и управляемые амортизационные фонды – это и есть собственные инвестиционные средства предприятия, которые

оно может и должно использовать в целях развития.

Действующее законодательство предусматривает возможность ускоренной амортизации основных производственных фондов и нематериальных активов. Ускоренная амортизация позволяет обеспечить быстрый возврат инвестированного капитала и сократить протяженность модернизационного цикла, что в условиях высоких темпов технического прогресса, появления и развития новых средств производства и новых методов организации производственного процесса является необходимым условием обеспечения конкурентоспособности производственных предприятий. В то же время далеко не все предприятия ОПК достаточно полно используют возможности, предоставляемые действующим законодательством в части обеспокоенного роста объема амортизационных отчислений, в том числе:

- недостаточно используются возможности ускоренной амортизации основных производственных фондов, в частности, не применяются повышающие коэффициенты там, где это законодательно разрешено, например, при двух- и трехменном режиме работы, условиях работы, приводящих к повышенному износу оборудования, или происходит некорректное отнесение актива к амортизационной группе с более длительным периодом списания, не учитываются реальные сроки эксплуатации активов и потребности в их модернизации;
- не все предприятия ОПК определяют, ставят на баланс и отражают в учетной политике свои нематериальные активы (ноу-хау – проектная, конструкторская, технологическая документация на изготовление продукции, испытательных стендов, права на использование патентов, лицензий, программных продуктов и т. п.), несмотря на то, что стоимость подготовки проектной документации для серийного

производства новых видов продукции по ГОЗ сопоставима со стоимостью самого ГОЗ. Так, в судостроении трудоемкость разработки полного комплекта конструкторской, технологической, эксплуатационной и другой документации для корабля может составлять до 70% от трудоемкости его постройки.

Особенно негативно влияет на темпы модернизации и диверсификации предприятий ОПК некорректная трактовка отдельными ведомствами ряда действующих законодательных и нормативно-правовых актов при регулировании процессов *определения цен и расчетной прибыли* в контрактах на поставку продукции по ГОЗ.

В настоящее время основными документами, действующими в этой сфере, являются:

- Федеральный закон «О государственном оборонном заказе» № 275-ФЗ от 29.12.2012 г. (с последующими изменениями);
- «Положение о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 2 декабря 2017 г. № 1465.

Некоторые нормы этих документов не функционируют должным образом, что существенно задерживает развитие и диверсификацию предприятий ОПК, а именно:

• *Статья 10 Закона № 275-ФЗ.* Методы государственного регулирования цен на продукцию по ГОЗ – (п. 1 пп. 3 и 6):

«Государственное регулирование цен на продукцию по ГОЗ осуществляется посредством:

- применения *различных видов цен* на продукцию по ГОЗ;
- определения *минимального и максимального размеров рентабельности (прибыли)* и порядка их применения при расчете цен на продукцию по ГОЗ *с учетом средств, которые необходимы головному исполните-*

лю, исполнителю для развития производственных мощностей и обслуживания привлеченного капитала, обеспечивающих выполнение государственного оборонного заказа...».

• Положение о государственном регулировании цен (№ 1465, п. 9 и п.15):

«Цена на продукцию по ГОЗ *определяется с применением одного из следующих методов: метод анализа рыночных индикаторов; метод сравнимой цены; затратный метод. Этот метод применяется в случаях, если применение иных методов определения цены невозможно...*».

Сложившаяся за последние годы практика ценообразования ГОЗ показывает, что службами соответствующих ведомств применяется преимущественно затратный метод формирования цены контракта (даже на изделия двойного назначения и продукцию, имеющую многочисленные аналоги на мировом и отечественном товарном рынке).

При этом допускается неприемлемая с экономической точки зрения двойственность подхода к ценообразованию, когда формула Цена = Затраты + Нормативная прибыль (в процентах от Затрат) приводит к установлению разного уровня цены на идентичную продукцию, изготавливаемую в рамках ГОЗ разными головными исполнителями.

Предприятия ОПК проводят рыночные исследования и располагают информацией о ценах на сравнимую продукцию аналогичного назначения; производимая ими продукция в ряде случаев имеет двойное назначение и поставляется внутри страны и на экспорт.

Отдельные предприятия ОПК представляют на рассмотрение, согласование и регистрацию цены контрактов, обоснованные результатами сравнительного научно-технического анализа российских и аналогичных зарубежных образцов вооружений и военной техники, а также изделий двойного назначения.

Однако практически ни в одном случае расчеты головного исполнителя с применением метода сравнимой цены не принимались соответствующими ведомствами к рассмотрению, они только уведомляли о необходимости традиционного использования затратного метода расчета.

Отметим, что ранее в отраслях ОПК страны применялось понятие «единая среднеотраслевая цена выполнения государственного заказа», отклонения от которой с помощью специальных коэффициентов учи-

тывали специфические особенности территориального расположения предприятий ОПК (регионы Дальнего Востока, Крайнего Севера, и т. п.), а также особые условия их обеспечения рабочей силой, энергией и другими ресурсами.

Принятые законом ФЗ-275 положения и нормы по применению метода сравнимой цены на продукцию по ГОЗ, а также учета при расчете прибыли «... средств, необходимых головному исполнителю, исполнителю на развитие производственных мощностей и обслуживание привлеченного капитала...», пока не функционируют в основном из-за административных барьеров.

Сложившаяся практика подтверждает, что продолжение использования только затратного метода формирования цены контракта крайне негативно влияет на темпы развития и диверсификации мощностей, повышение конкурентоспособности предприятий ОПК.

Как положительный факт следует отметить, что новая норма Положения, утвержденного Постановлением Правительства № 1465 (п. 57) позволяет оставлять в полном распоряжении предприятия ОПК сверхнормативную прибыль, достигнутую за счет снижения в течение 5 лет себестоимости производства и реализации продукции в пределах зарегистрированной цены, определенной затратным методом (т. е. при расчетной прибыли в размере 1% от всех привлеченных затрат + 20% от остальных затрат головного исполнителя на производство и реализацию продукции по ГОЗ).

Но, к сожалению, следует признать, что применение в настоящее время только затратной модели ценообразования ставит ряд головных исполнителей предприятий ОПК в экономически неравное положение. Предприятия ОПК, инициативно проводившие за последние 5 лет модернизацию и развитие мощностей с привлечением банковского капитала (кредитов), уже существенно снизили свои затраты за счет работы по новой технологии.

Сниженные фактические затраты теперь не позволяют этим предприятиям – лидерам перевооружения, обосновать при затратном методе такую же цену на продукцию по ГОЗ, которую регистрируют на аналогичную продукцию значительно менее эффективным предприятиям ОПК.

У последних в расчетно-калькуляционных материалах (РКМ) фигурируют значительно большие фактические затраты, так как они продолжают

работать на устаревшем оборудовании, из-за непроизводительных издержек у них высокие накладные расходы, т. е. их фактические затраты по аналогичной продукции ГОЗ существенно выше.

Но это позволяет, вопреки экономической целесообразности, по формуле «Цена = Затраты + нормативная прибыль в процентах от затрат» предусматривать в период ценообразования для малоэффективных предприятий более высокую величину абсолютной прибыли, что не служит стимулированию снижения затрат, а наоборот, поощряет сохранение экономически неэффективных способов производства.

В итоге передовые по темпам развития предприятия ОПК, привлечшие значительный капитал и уже добившиеся снижения затрат, получают теперь при чисто затратном методе меньшую цену контракта и меньшую величину прибыли на некую продукцию по ГОЗ, чем малоэффективные предприятия, исполняющие аналогичный госзаказ.

Таким образом, хорошо, что теперь отставшие в развитии предприятия ОПК смогут после регистрации цены в полной мере воспользоваться предложенной мерой стимулирования развития и модернизации мощностей за счет роста прибыли от снижения непроизводительных издержек в течение предстоящих 5 лет изготовления данной продукции.

Но плохо, что предприятиям, уже реализовавшим проекты своего развития на собственные и заемные средства, в случае продолжения применения только затратного метода ценообразования низкая расчетная прибыль не позволит воспользоваться преимуществами более эффективного производителя и обеспечить необходимый приток денежных средств для исполнения долговых обязательств по привлеченным ранее кредитам на проведение модернизации.

Вышеприведенный пример подтверждает то, что предприятия ОПК, реализующие проекты своего развития на привлеченный капитал, должны получить право на применение метода сравнимой цены на продукцию по ГОЗ и на соответствующую расчетную максимальную прибыль, как это предусмотрено федеральным законом.

Заставлять предприятия ОПК поставлять продукцию ГОЗ по цене, ниже обоснованной рыночной стоимости изделий-аналогов, недопустимо, поскольку это ведет к дискриминации эффективных компаний в пользу компаний с низкой эффективностью, что противоречит экономической логике.

Такая практика отдельных регулирующих ведомств противоречит действующему законодательству и не позволяет предприятию ОПК сформировать расчетную прибыль в размере, необходимом для обслуживания привлеченного капитала, как это предусмотрено в Федеральном законе ФЗ-275, что ведет к неустойчивому финансовому положению развивающихся на кредитные средства предприятий ОПК.

Необходимо предоставить им реальную правовую возможность обосновать и сформировать максимальную расчетную прибыль в цене изделия, чтобы вернуть банку кредитные средства, взятые целевым назначением для решения поставленных государством задач развития производственных мощностей и диверсификации производства в сжатые сроки.

Отдельно следует отметить целесообразность использования любых возможностей применения лизинга нового технологического и специального оборудования при модернизации производства, включая возвратный лизинг, если это экономически обосновано в условиях закрепитованности предприятия, осуществившего модернизацию без поддержки государства.

Отметим также, что из-за низкого уровня расчетной прибыли по ГОЗ на-

ибольшие сложности с обслуживанием привлеченного капитала возникают у головных исполнителей-компаний *в виде интегрированных структур*, активно осуществляющих модернизацию и развитие производственных фондов всех своих дочерних предприятий в целях освоения новых перспективных ГОЗ и диверсификации производства.

Для исправления сложившейся ситуации необходимо предоставить компаниям ОПК – головным исполнителям ГОЗ, действующим в форме вертикально-интегрированной структуры (консолидированной группы налогоплательщиков), *право включать в расчет цены до 20% рентабельности (прибыли) продукции, производимой в рамках ГОЗ, при обязательном условии (отраженном в государственном контракте) направления основной части фактически полученной прибыли (не менее двух третей) на инновационное развитие производственных мощностей и активов структуры*. Интересы государства в данном случае обеспечиваются исключением прибыли из внутренних трансфертных цен внутри группы предприятий при исполнении ГОЗ.

Применение затратной модели ценообразования следует предусматривать только *на новую (не име-*

ющую аналогов на рынке) продукцию по ГОЗ.

Полагаем, что нормативный документ по применению метода сравнимой цены продукции по ГОЗ и по расчету максимальной прибыли в составе этой цены в целях развития и диверсификации мощностей должен быть единым для всех заинтересованных сторон, т. е. принят не локальным актом отдельного ведомства, а утвержден путем внесения соответствующих изменений в Федеральный закон № 275 (закон прямого действия) либо специальным постановлением Правительства РФ. Эти нормы должны быть обязательными и на этапе определения цены, и на этапе контроля исполнения ГОЗ на новую продукцию.

Достигнутая экономия при исполнении головным исполнителем сроков, качественных и количественных характеристик ГОЗ, должна оставаться в распоряжении предприятия ОПК (после налогообложения прибыли) в виде чистой прибыли, *две трети которой в соответствии с условиями контракта должна направляться на реализацию проектов модернизации и/или диверсификации мощностей, обеспечения роста производительности труда, освоения производства новой высокотехнологичной продукции гражданского или двойного назначения.* ■



Исходя из трактовки промышленной отрасли как производственной системы, миссией которой является удовлетворение общественных потребностей, можно определить ее целевую функцию как преобразование ресурсов в продукт. Поскольку интегральный измеритель результата производства определяется в данном случае компенсированным тоннажем построенных и сданных заказчику кораблей и судов, то ресурсы, обусловившие результат, целесообразно оценивать в том же измерителе, а потенциал – в возможной величине результата.

В настоящее время разработаны базисные принципы построения системы управления судостроением, которые предстоит с упреждением и поэтапно реализовать в течение трансформационного этапа [1]. Объектом управления на мезоэкономическом уровне предполагается отрасль, т. е. совокупность промышленных предприятий, объединяемых общей миссией – удовлетворением общественной потребности в кораблях, судах, плавсредствах всех классов и назначений. Кроме того, отрасль скрепляют иные факторы и консолидаторы.

В данной роли отрасль не может быть:

- стабильной: состав входящих в нее предприятий постоянно варьируется под воздействием колебаний масштаба потребностей и их целевой структуры;
- иметь ярко выраженную границу: таковая постоянно подвержена эрозии как за счет потери предприятий, так и их вовлечения;
- иерархичной, т. е. связанной жесткой подчиненностью периферии центру.

В то же время отрасль должна располагать необходимым и достаточным потенциалом для осуществления своей миссии.

Отрасль должна быть не просто объектом управления (государственного, проектного, программного), но и субъектом социально-экономической структуры высшего уровня.

Носителем общесистемных свойств должен выступать аппарат управления отраслью, организационно-правовую форму которого до сформирования новой терминологии допустимо определить как государственную корпорацию. Она не должна быть бизнес-структурой, т. е. оперировать на финансовых рынках, извлекать прибыль и т. д., поэтому целеполагание для отрасли целесообразно внешнее (со стороны федерального правительства и/или администрации крупных программ) и осуществляться в строго натуральной либо условно-натураль-

ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В МЕТОДОЛОГИИ ОТРАСЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

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

ной форме. Управленческий потенциал такой корпорации будет определяться, с одной стороны, ее мобилизационными и перераспределительными полномочиями, с другой, – доступом к стратегическим базам данных, обеспечивающим вне рыночное ценообразование, расчет ресурсопотребления и т. д. Корпорация как юридическое лицо должна минимизировать размер материальных активов, которыми может распоряжаться ее аппарат (денежные средства, основные фонды и т. д.).

Наиболее рациональным вариантом создания отраслевой системы управления представляется дифференцирование по направлениям миссии: потребности – возможности (рис. 1).

Первый (целевой) контур ориентирован на продукцию, на корабль (судно). Миссия конкретизируется в целеполагании: сдача конкретных заказов в конкретный срок. В ходе бифуркации управления целевой контур предпочтительно организационно оформить в виде оболочечной структуры управления производством. Путем контрактных либо иных интеграционных связей в него втягиваются верфи, более или менее тесно связанные с корпорацией в зависимости от того, в какой степени их потенциал вовлекается в решение судостроительных задач. В оболочку вовлекаются также НИИ и КБ, решающие судостроительные задачи на протяжении полного жизненного цикла будущих кораблей. Во взаимоотношениях с заказчиком вся структура корпорации выступает единым исполнителем. Управление процессом строительства ведется в проектом режиме: возрастает роль и значение аппарата строителей; образуется прямая и четкая вертикаль полномочий и ответственности – от руководителей государственного уровня до рабочего места, складываются надежные и поликомпозиционные каналы обратной связи. Самый позитивный результат этого – преодоление антисистемного феномена «инверсии компетенций»: руководители высшего звена получают информацию в доступной для них форме, а решение стратегических вопросов делегируется специалистам, хотя и на более низкий иерархический уровень. Возникают, однако, и более

сложные проблемы, прежде всего в сфере ресурсообеспечения. Логично возложить на целевой контур получение и распределение всех транзитных ресурсов, достигающих порядка 75% себестоимости кораблей и судов [2]. Это, естественно, в силу отсутствия вышестоящего органа оперативного управления могло бы чрезмерно перегрузить целевой аппарат. Выход, по нашему мнению, предстоит искать в рациональном сочетании вовлечения поставщиков и контрагентов в оболочечную структуру и расширении использования поставок заказчика (своеобразного аналога толлинга), широко распространенных на Западе.

Второй контур (потенциальный), предназначается для управления авансированными ресурсами. В отличие от первого, оперативного, он имеет сугубо стратегические задачи развитие потенциала за пределами действующего портфеля заказов. Задачи контура связаны с количественным и качественным развитием таких составляющих потенциала, как трудовой ресурс, средство труда (производственные мощности и т. д.). Результат функционирования второго контура измеряется приростом потенциала суммы предприятий (вероятнее всего, входящих в оболочку корпорации, непрерывно меняющую свой объем и границы). Основной методический подход здесь состоит в мобилизации и перераспределении наличных ресурсов. Ситуация в судостроении РФ отличается тем, что для качественного развития потенциала необходимо использовать прежде всего нематериальные активы, т. е., в первую очередь, собственный интеллектуальный ресурс. Эта приоритетность объясняется тем, что из двух возможных направлений количественный рост потенциала (увеличение численности работающих, создание дополнительных мощностей и т. д.) определяется на надотраслевом уровне. Роль отраслевого управления сводится к обоснованию требований о наделинии отрасли бюджетными инвестициями в авансированные ресурсы и защита этих требований. Применяются полученные дополнительные ресурсы локально, на выбранных предприятиях, не захватывая всего содержимого оболочки. Инвестиции

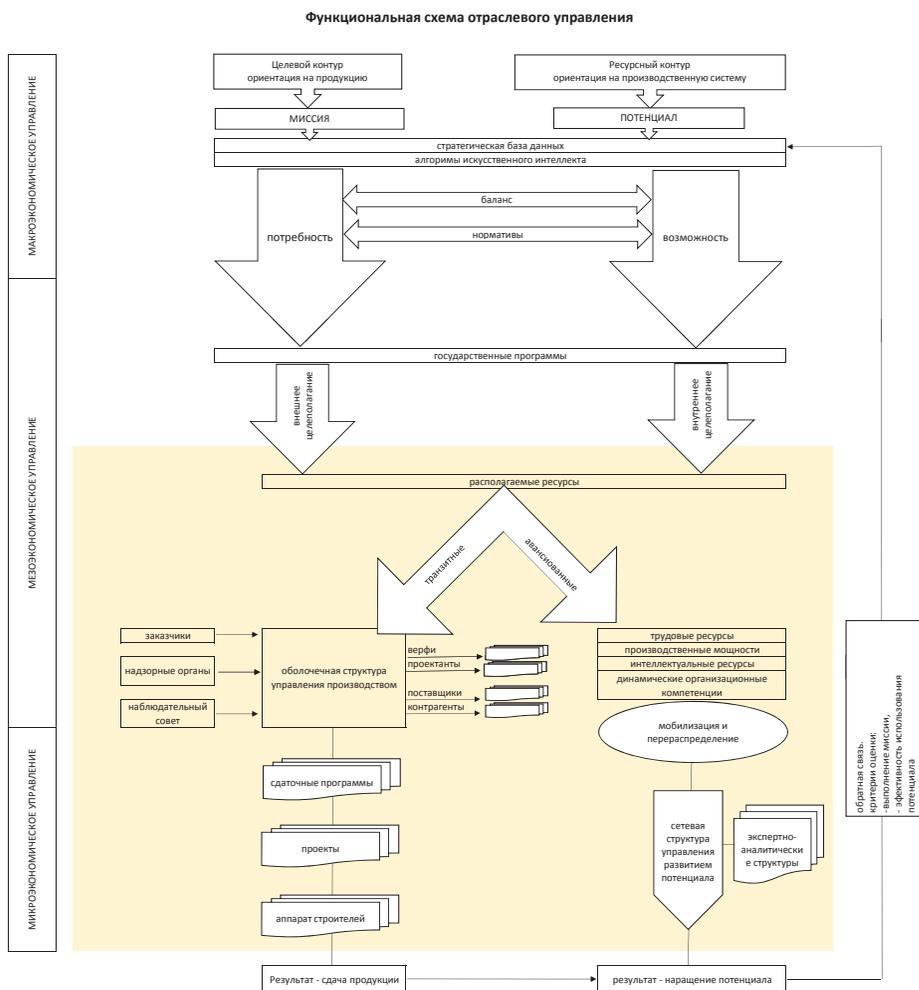


Рис. 1. Функциональная схема отраслевого управления

же в развитие качественного уровня потенциала, технические перевооружения, новые технологии и т. д., как показывают результаты исследования [3], за промежутков 1956–2016 гг. ни в одном случае не окупилась и ни единожды не достигли проектных значений технико-экономических показателей.

При всей количественной избыточности носителей интеллектуального потенциала не более 1–2% работников отраслевых НИИ и КБ устойчиво работают по направлениям, обеспечивающим организационное развитие потенциала отрасли; из числа заводских инженеров 5–8% линейных руководителей реально поддерживают и развивают организационный уровень производства, однако их возможнос-

ти ограничены перезагруженностью рутинными обязанностями и распылением сил. Главной задачей второго контура становится перераспределение первых и мобилизация вторых. Этой задаче отвечает сетевой вариант построения второго, ресурсного контура управления.

Постановка стратегических целей должна включать:

- прогноз развития потенциала отрасли;
- определение и ранжирование приоритета задач;
- конфигурацию научного задела и практического опыта конкретных организационных решений вокруг наиболее перспективных разработок;
- формирование временных рабочих структур;

– получение и оценку результатов: оценка возможности их практического использования на всех предприятиях отрасли.

Именно по структурным связям двухконтурного механизма отрасль может воспринимать экономические новации грядущего нового уклада и адаптировать их. Минимально необходимы еще две связи:

- между мезоуровнем и микроуровнем, отраслевым органом управления. Для целевого контура эта связь может быть построена преимущественно административным путем – доведение целевой вертикали до уровня производственных подразделений, через особый статус аппарата строителей, подчиненных управлению отрасли. Для ресурсного контура обозначилась необходимость создания квазиресурсного (первоначально – квазифинансового механизма управления).
- между контурами через экспоненциальные модели ресурсопотребления.

Но эти новации для систем мезоуровня не возникнут в готовом виде вне отрасли; их необходимо генерировать и развивать внутри отрасли. Этот длительный процесс должен начаться со стартового этапа, когда схема будущей системы станет практически дееспособной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкович А. В. О трансформации системы управления судостроением // Морской вестник. – 2018. – № 2(66).
2. Иванкович А. В. Моделирование финансового цикла для повышения экономической эффективности и конкурентоспособности предприятия // Морской вестник. – 2015. – № 4(56).
3. Волостных В. В., Иванкович Т. С., Иванкович А. В. Инструментарий рефлексивного анализа динамики отечественного судостроения // Морские интеллектуальные технологии. – 2016. – № 4(34). – Т1. ■

Вданной статье авторы попытались развенчать «мифы», укоренившиеся как в определенных кругах, ответственных за развитие судостроения, так и заказывающих органов, о том, что перенос сроков строительства кораблей, увеличение стоимости контрактов в ходе строительства, а также наличие технических проблем в ходе сдачи и эксплуатации кораблей являются сугубо российскими «know-how».

Приводя соответствующие примеры, авторы не ставили целью подвергнуть сомнению компетенции зарубежных кораблестроителей, а стремились показать, что данные обстоятельства являются объективными в ходе создания сложнейших инженерных сооружений с длительным жизненным циклом.

Эти проблемы характерны для всех стран, создающих морскую технику.

Несмотря на наличие отработанной (и постоянно совершенствующейся) системы планирования развития военно-морских сил (ВМС), организационной структуры, обеспечивающей формирование заказов на строительство кораблей и постоянно ужесточающийся контроль за соблюдением контрактных обязательств и сроков сдачи кораблей, качества военно-морской техники, избежать указанных проблем не удастся.

При этом в качестве иллюстраций авторы использовали примеры из наиболее развитых кораблестроительных держав, таких США, Великобритания, Германия, Франция, Италия. Безусловно, наиболее мощными ВМС обладают США. Однако рассматриваемые проблемы характерны и для этой страны, в том числе и для таких кораблей, как авианосец (АВ) типа «Gerald R. Ford», которое Президент США Д. Трамп на торжественной церемонии его сдачи назвал «100000-тонным посланием миру» и ЭМ типа «Zumwalt».

Несмотря на огромный опыт проектирования и строительства АВ – США имеют самый большой в мире авианесущий флот, при проектировании и строительстве АВ нового поколения типа «Gerald R. Ford» (CVN-78), которые должны прийти на смену авианосцам типа «Нимиц», наблюдались серьезные проблемы.

В частности, в июле 2016 г. агентство «Bloomberg» опубликовало статью, в которой были обнародованы результаты испытаний АВ, которые позволили сделать вывод о небоеспособности корабля, о наличии серьезных проблем с его основными системами, часть из которых можно устранить только перепроектированием.

Специалисты в качестве ключевых причин этих проблем называют огромный, с точки зрения развития технологий, временной перерыв – более 40 лет между выводом в море последнего

СЛОЖНАЯ ТЕХНИКА - ВЫСОКИЕ РИСКИ

ИЗ ОПЫТА ЗАРУБЕЖНОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

Л.М. Клячко, д-р техн. наук, проф., советник заместителя ген. директора – руководителя Московского представительства ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

*В.В. Дударенко, председатель Совета директоров ООО «Судпромкомплект»,
контакт. тел. (499) 501 7667, (499) 252 2375*

авианосца типа «Нимиц» и АВ «Gerald R. Ford» и, соответственно, потерю за это время многих навыков и компетенций в проектировании и строительстве кораблей данного класса.

Задержки передачи корабля также обусловлены значительным количеством перспективных комплексных систем, которые носят инновационный характер для ВМС США, да и для мирового кораблестроения в целом. При этом, если первоначально планировалось внедрять нововведения постепенно, в течение срока строительства первых трех кораблей, то затем было принято решение об интеграции всех новинок на головном корабле.



АВ «Gerald R. Ford»

В результате в опубликованном в январе 2018 г. итоговом отчете отдела эксплуатационных испытаний и оценок при начальнике Оперативного управления ВМС США за 2017 г. (с 01.10.2016 по 30.09.2017) отмечается «крайне низкая надежность инновационных систем, критичных для обеспечения работы авиакрыла...» АВ «Gerald R. Ford» (CVN-78).

Строительство АВ «Gerald R. Ford» началось 11 августа 2005 г. на верфи Newport News Shipbuilding компании Huntington Ingalls Industries (ранее Northrop Grumman) в городе Ньюпорт-Ньюс, штат Виргиния.

Первоначально планировалось, что АВ будет передан флоту в сентябре 2014 г. Однако авианосец впервые вышел в море на ходовые испытания 8 апреля 2017 г., а 31 мая 2017 г. в присутствии Президента США Д. Трампа АВ «Gerald R. Ford» введен в состав ВМС США. Таким образом, за ходом строительства могли наблюдать три президента США.

Вместе с тем корабль был передан ВМС США без полностью сформированной авиагруппы, что не позволяет считать его полноценной боевой единицей флота.

Отметим некоторые другие проблемные вопросы.

Электроэнергетическая система. В ходе испытаний был зафиксирован отказ одного из трансформаторов, вызванный, как предполагалось, изменением свойств проводящего материала. Для исключения повторения этой ситуации в будущем было принято решение заменить этот трансформатор на образец, аналогичный установленным на других кораблях. Однако в дальнейшем отказ именно этого трансформатора привел к неполадкам в работе электросети и, как следствие, к поломке второго главного турбогенератора (ТГ).

В связи с этим сдача корабля и проведение всех необходимых испытаний были перенесены. И на момент опубликования упомянутого ранее итогового отчета отдела эксплуатационных испытаний и оценок при начальнике Оперативного управления ВМС США за 2017 г. на АВ имелось только три работоспособных ТГ из четырех.

В октябре 2015 г. во время швартовых испытаний АВ «Gerald R. Ford» было обнаружено повреждение одного из трех трансформаторных выпрямителей электрического тока PPIS TR (Prime Power Interface Subsystem Transformer Rectifier), хотя выпрямители рассчитаны на весь срок службы корабля (50 лет). Для нормальной работы электромагнитной катапульты (ЭМК) требуются два выпрямителя, третий – резервный. Неисправный выпрямитель (габаритами 3,3×1,8×2,0 м) был заменен, однако для этого потребовалось сделать вырез в корпусе корабля, и процедура заняла несколько месяцев.

В сентябре 2016 г. на борту головного атомного АВ «Gerald R. Ford» в ходе испытаний турбогенератора MTG № 2 (Main Turbine Generator № 2) из-за дефектов в регуляторах напряжения произошел взрыв. Сообщалось, что «образовавшиеся во время взрыва обломки попали в турбину турбогенератора и повредили ее».

Позже были выявлены аналогичные неполадки и трех других главных турбогенераторов MTG. В частности, подобная, но менее масштабная авария имела место на турбогенераторе MTG № 1.

После обсуждения необходимости проведения ремонта турбогенераторов в октябре 2016 г. было объявлено, что до вступления АВ в состав ВМС будет выполнен ремонт турбогенератора MTG № 1 и демонтированы роторы турбогенератора MTG № 2, а его ремонт откладывается до периода послегарантийного обслуживания PSA (Post-Shakedown Availability) корабля. Ориентировочная стоимость ремонта – 37 млн. долл.

Двухдиапазонная РЛС DBR. Испытания боевых систем АВ «Gerald R. Ford» выявили также многочисленные интеграционные проблемы двухдиапазонной РЛС DBR, отмечены случаи «ложного захвата цели».

Для необходимой доработки РЛС была демонтирована и в третьем квартале 2016 г. испытана повторно.

Сроки испытаний РЛС DBR на наземном испытательном стенде были продлены до четвертого квартала 2017 г., однако, по мнению экспертов, для выявления и исправления всех неполадок потребуются дополнительные испытания.

При работе РЛС, установленной на АВ, также отмечались низкая надежность, частые случаи самопроизвольных перезагрузок компьютерных систем, перебои в обеспечении электроснабжением.

Аэрофинишер. В июле 2016 г. комиссия министерства обороны США отметила, что ошибки управления программой создания аэрофинишера привели к недостаточному взаимодействию между разработчиками системы и испытательными центрами. Это, в свою очередь, привело к необходимости внесения изменений в конструкцию отдельных узлов и агрегатов, а также к перерасходу средств.

По состоянию на октябрь 2015 г. стоимость программы составляла 743,5 млн. долл., что на 571,5 млн. больше первоначальных оценок 2005 г.

Испытания аэрофинишера планировалось закончить в 2009 г., однако они будут продолжаться вплоть до конца 2018 г., пока надежность системы не будет подтверждена.

В связи с неудачами обсуждалась даже возможность возврата к системе Mk 7 Mod 4. Первые морские испытания аэрофинишера проводились с самолетом F/A-18F.

По результатам испытаний сделан вывод, что, «хотя аэрофинишер в принципе способен обеспечить посадку всех типов летательных аппаратов (ЛА), предназначенных для комплектования авиакрыла АВ, он имеет крайне низкий уровень надежности...».

Внесенные проектные изменения элементов аэрофинишера не отвечали предъявленным требованиям. В июне 2017 г. было установлено, что модифицированный аэрофинишер может совершить только 19 посадочных операций подряд до первого критического отказа при необходимых, согласно техническому заданию, 16500 посадках, т.е. он не способен обеспечить ежедневные полеты в нормальном режиме.

На середину 2017 г. вероятность безотказной работы в течение четырех суток составляет 0,001%, в течение одних суток – менее 0,2%, вероятность одного безотказного цикла (12 посадок) – 53%, вероятность работы в течение одного полетного дня (84 посадки) – 1,0%.

Кроме того, аэрофинишер (так же, как и ЭМ катапульту) невозможно оперативно отключить от электроснабжения для обслуживания подпалубного оборудования.

Электромагнитная катапульта EMALS. В 2015 г. в ходе испытаний на наземной испытательной площадке была отмечена чрезмерная нагрузка на планер самолетов F/A-18E/F и EA-18 С (самолет РЭБ на базе истребителя F/A-18F) при установке на крылья подвесных топливных баков объемом 1816 л. Аналогичные проблемы были обнаружены при установке дополнительных баков объемом 1250 л на самолеты F/A-18A-D.

Вероятно, подобная нагрузка на конструкции ЛА приведет к необходимости ограничения максимальной скорости пуска. Для решения этой проблемы требуется доработка программного обеспечения с последующим тестированием.

Делается вывод, что в нынешнем виде ЭМК EMALS не может обеспечить интенсивный запуск самолетов, необходимый в боевой обстановке. По состоянию на июнь 2017 г. определено, что наработка катапульты на отказ составляла 455 стартов ЛА при минимально необходимом уровне надежности – 4166. Гарантированная вероятность успешного функционирования ЭМК EMALS (без критических отказов) в течение четырех суток составляет 9,0%, а в течение одних суток при нормальном режиме полетов – 70%.

Проблемы усугубляются тем, что при необходимости отключения электросети катапульты от ЭЭС экипаж не в состоянии сделать это оперативно (необходимо ок. 1,5 часов для снижения оборотов электрогенератора катапульты). При этом, как утверждается в отчете, «такие случаи возникают при нормальной эксплуатации системы с определенной периодичностью».

По мнению специалистов, несмотря на интенсивные доработки системы, вероятнее всего, АВ CVN-78 не достигнет требуемой частоты самолетовылетов.

Выявленные при передаче корабля недостатки повлияли, как указывается в упомянутом ранее итоговом докладе за 2017 г., на сроки проведения программы испытаний на ударостойкость FSST (Full Ship Shock Trial) и эксплуатационных испытаний ОТ&Е (Operational Testing and Evaluation).

Предполагается, что командование ВМС склонно не проводить испытания на ударостойкость головного корабля, а ввести его хотя бы в ограниченную эксплуатацию.

Для достижения начальной оперативной готовности АВ CVN-78 планируется провести двухэтапные испытания. В ходе первого этапа (с начала 2021 г.) будет проверена работа корабельных и взлетно-посадочных систем, в ходе второго (окончание – 2022 г.) – способность экипажа к обеспечению полетов и обслуживанию оборудования. Для снижения затрат оба этапа испытаний будут проведены во время цикла боевой учебы в рамках подготовки к несению службы.

Все это привело к тому, что стоимость корабля существенно выросла. К настоящему моменту она составляет около 12,9 млрд. долл., что на 20,5% больше предыдущих бюджетных прогнозов. По факту стоимость может оказаться значительно выше.

Программа строительства первых трех перспективных АВ ВМС США оценивается суммой 42 млрд. долл. Стоимость строительства второго АВ «John F. Kennedy» оценивается в 11,5 млрд. долл. (превышение на 2,3 млрд. долл.).

Для уменьшения отставания предполагается, что могут быть сокращены сроки обучения и тренировки личного состава, в том числе и авиакрыла, что само по себе может привести к последующим проблемам

Соответственно, проблемы с головным кораблем привели к сдвигу сроков сдачи последующих кораблей серии (не мене чем на два года). Так, уже в 2015 г. АВ «John F. Kennedy», заложенный 22.08.2015 г., планировалось ввести в состав ВМС в 2020 г. (ранее в 2018 г.).

С меньшими проблемами столкнулись при реализации программы строительства нового поколения многоцелевых ракетных кораблей США – ЭМ УРО типа «Zumwalt» (DDG 1000) (реализуется с 2011 г.), связанных с трудностями при внедрении новых технологий и постоянным в связи с этим повышением стоимости.

Так, первый этап испытаний ЭМ DDG 1000 «Zumwalt», начатый 7.12.2015 г. был прерван в связи с необходимостью неотложного ремонта одного из компонентов ЭУ, для чего ЭМ вернулся на верфь-строитель. Для выполнения ремонта пришлось разрезать борт корабля выше уровня ватерлинии.

В связи с этим второй этап испытаний был перенесен почти на два месяца.

После многократных отсрочек головной «Zumwalt» официально вошел в состав ВМС 15 октября 2016 г., однако первое боевое развертывание корабля запланировано на 2021 г.

Серьезные неприятности не обошли и этот корабль. В ходе движения ЭМ УРО DDG-1000 «Zumwalt» через Панамский канал произошла авария ГЭУ, связанная с попаданием внутрь турбины морской воды, используемой для охлаждения масла в системе смазки вращающихся линий валов. Вследствие потери хода ЭМ столкнулся со стеной канала, что вызвало повреждение обшивки. В результате ЭМ УРО был отбуксирован к пирсу бывшей ВМБ ВМС США Rodman.

Была проведена замена теплоносителя с морской воды на пресную, такая замена была осуществлена и на двух достраиваемых ЭМ – DDG-1001 «Michael Monsoor» и DDG-1002 «Lyndon B. Johnson».



ЭМ DDG-1001 «Michael Monsoor»

Второй эсминец нового поколения «Michael Monsoor» заложили в мае 2013 г., спустили на воду в июне 2016 г. Первый выход в море в декабре 2017 г. завершился неудачей из-за поломки электрооборудования. Кораблю пришлось вернуться на верфь Bath Iron Works.

Во время приемочных испытаний корабля оказались повреждены турбинные лопатки главного двигателя, что вызвало необходимость замены одной из двух газовых турбин MT30.

В связи с указанными неудачами размер серии последовательно сокращался с 32 до 24, затем до 7 кораблей, в настоящее время ограничен тремя кораблями с одновременным увеличением размера серии строящихся ЭМ УРО типа «Arleigh Burke».

Значительные сложности возникли при реализации программы строительства фрегатов прибрежной зоны (ФР ПЗ) ВМС США LCS (Littoral Combat Ship). В связи с этим первоначально планируемый размер серии в 52 ед. был сокращен до 32 ед.

В отчете Счетной палаты США Government Accountability Office от 31.03.2014 г. декларировалось, что общая стоимость приобретения 64 комплектов модулей полезной нагрузки для НК ПЗ LCS составляет 7,24 млрд. долл., что на 3,29 млрд. долл. выше, чем их первоначальная оценочная стоимость в 2007 г.

В ходе выполнения программы произошло практически двукратное превышение стоимости строительства – с 223 млн. долл. в 2007 г. до 479 млн. долл. в 2015 г. (по некоторым данным, стоимость приобретения одного корабля в 2010 г. составляла ок. 538 млн. долл.).

Серьезные проблемы имели место при разработке практически всех систем данных кораблей.

При разработке модулей ПЛО общая масса значительно превысила заложенную при проектировании – 105 т.

При создании модуля ПМО проблемы возникли вследствие сложности интеграции отдельных компонентов программного и аппаратного обеспечения, и для решения этих вопросов требовалась его серьезная доработка, по крайней мере, до начала 2016 г.

В течение пятимесячного периода технической оценки модуля ПМО на фрегате пр (ФР ПЗ «Independence» корабль семь раз возвращался в ВМБ для ремонта. Корабль не мог развернуть систему RMMV в течение 15 сут. (из 58) в связи с проблемами работы дизельных двигателей (ДД), водометных движителей, насосной и гидравлической систем.

Техническая оценка (TECNEVAL) модуля ПМО, проведенная ВМС США, показала, что ФР ПЗ способны обнаружить, классифицировать, идентифицировать и нейтрализовать лишь часть мин при проведении разминирования акватории, это сопровождается чрезмерной нагрузкой на обслуживающий персонал и требует поддержки с берега. По мнению Управления, использование существующего модуля ПМО не обеспечивает требуемых показателей эффективности, более того, один ФР ПЗ, оснащенный модулем ПМО, практически не сможет обеспечить выполнение задач на требуемом уровне.

Серьезной проблемой стало обеспечение возможности пуска авиационных ПКР AGM-114 «Hellfire» из корабельных ПУ.

Возникают также проблемы в ходе эксплуатации кораблей.

12.01.2016 г. на борту ФР ПЗ «Fort Worth» (LCS 5, второй типа «Freedom»), с декабря 2014 г., развернутого в Тихом океане на ВМБ Changi (Сингапур), в ходе технического обслуживания в порту Сингапура произошла поломка двигателя.

11.12.2015 г. на борту ФР ПЗ «Milwaukee» (LCS 3) произошла авария, приведшая к полной потере хода в море и необходимости буксировки корабля на ВМБ Norfolk, шт. Виргиния.

В 2016 г. опубликован доклад Управления эксплуатационных испытаний и оценок министерства обороны США Director of Operational Test and Evaluation, касающийся проблем надеж-

ности ФР ПЗ LCS, в особенности ФР ПЗ типа LCS 2 «Independence», выявленных в процессе испытаний и эксплуатации кораблей. В докладе указывается, что в дополнение к ранее выявленным неисправностям появились новые, большинство критически важных корабельных систем (движения, жизнеобеспечения, самообороны, разведки) не имеют необходимого уровня надежности, сделан вывод о неготовности к боевому дежурству обоих вариантов ФР ПЗ.

Вызывает нарекания надежность АУ Mk110 калибра 57 мм, установленной на ФР ПЗ обоих типов, в частности, отмечается неудовлетворительная точность стрельбы орудия, обусловленная низким качеством оптико-электронной ИК системы подсветки целей «Safire III», установленной на ФР ПЗ типа «Independence».

За 176 сут., в течение которых проводился сбор данных, наблюдались отказы оборудования ФР ПЗ «Independence», ставшие причиной ограничения функциональных возможностей корабля, в частности:

- отсутствие в течение нескольких суток сетевого и серверного подключения; выход из строя ЗПК Mk 15 Mod 31 SeaRAM (на 120 сут.),
- АУ Mk 110 (на 114 сут.), РЛС AN/SPS-77;
- недостаточное охлаждение корабельных электронных систем; отсутствие в течение 20 сут. электроснабжения отсека полезной нагрузки.

Кроме того, на протяжении всего периода испытаний отмечены отказы двигателей, поломки топливного насоса, судового крана и др.; неполная функциональность системы контроля плавности хода (ride control system), используемой для маневрирования на высоких скоростях; при стрельбе 57-мм АУ Mk110 с левого борта – недолет снарядов до мишени, с правого – перелет.

В докладе отмечалась недостаточная способность поражения целей до момента их проникновения в зону непосредственной близости к кораблю.

В процессе испытаний ФР ПЗ LCS 4 «Coronado» постоянные перебои системы передачи информации от навигационного и РЛ комплексов приводили к передаче на АУ недостоверных координат цели, что значительно снижало эффективность их поражения. В целом в докладе сделан вывод о неудовлетворительно проведенных испытаниях ФР ПЗ LCS 4 «Coronado» и выявлении большого количества системных недоработок.

Во время ходовых испытаний ФР ПЗ LCS-4 «Coronado» не смог достигнуть требуемой максимальной скорости 40 уз (скорость составила 37,9 уз). При этом к ФР предъявляется требование хода на максимальной скорости на



ФР ПЗ LCS-4 «Coronado»

дальность 1000 мор. миль, Однако из-за нехватки топлива был пройден путь в 947 мор. миль.

Во время испытания живучести ФР ПЗ типа «Independence» были выявлены конструктивные недостатки, в частности, нехватка перекрывающих вентилялей в трубопроводной системе, что не позволило изолировать поврежденные отсеки; недостаточная изоляция друг от друга постов борьбы за живучесть; установка элементов систем борьбы за живучесть в защищаемые отсеки и др.

С учетом сведений, содержащихся в докладе Управления эксплуатационных испытаний и оценок от декабря 2016 г., в упомянутом выше отчете исследовательской службы Конгресса от 19.05.2017 г. сделан вывод, что ФР ПЗ LCS имеют практически нулевую вероятность успешного завершения как 14-суточного, так и 30-суточного похода.

Технические проблемы возникают даже у казалось бы апробированных кораблей, строящихся крупными сериями, как, например, АПЛ типа «Virginia». К настоящему времени с 2008 г. построено полтора десятка кораблей трех подсерий.

Тем не менее в связи с расследованием, связанным с обнаружением применения «несанкционированных и незадекларированных сварочных работ» на отдельных коленах главного паропровода АЭУ, командование ВМС США с 5.08.2015 г. наложило ограничения на использование трех АПЛ типа «Virginia» – SSN-783 «Minnesota» (сдана флоту 07.09.2013), SSN-784 «North Dakota» (25.10.2014) и SSN-785 «John Warner» (01.08.2015).



АПЛ SSN-784 «North Dakota»

В целом контроль качества на верфях ВМС США постоянно ухудшается, что, как считают эксперты, связано «с решением об увеличении темпа строительства АПЛ типа «Virginia» до 2 ед. в год и одновременным с началом реализации программы строительства перспективных ПЛАРБ типа «Columbia». Повышение темпа строительства привело к повышению нагрузки на верфи и на поставщиков комплектующего оборудования; верфям пришлось нанимать низкоквалифицированных специалистов, работа которых требовала дополнительного контроля.

После выхода АПЛ «Mississippi» SSN 782 постройки 2012 г. в море на ней обнаружена потеря части ГАП, как предполагается, в связи с «износом ГАП в сложных условиях эксплуатации».

По оценкам ВМС, это «может стать причиной достаточного высокого уровня шума обтекания даже на... малых скоростях хода и снизить поглощающую способность ГАП...».

Отслаивание покрытия на АПЛ «Mississippi» отмечалось и ранее. В частности, на фотографиях АПЛ в ходе боевого развертывания в западной части Тихого океана осенью 2016 г. было обнаружено отсутствие нескольких плиток покрытия на том же борту.

В 2010 г. сообщалось о проблемах с ГАП АПЛ «Texas», «Hawaii» и «North Carolina» (SSN 775–777), базирующихся на ВМБ Pearl Harbor. В 2013 г. были опубликованы фотографии АПЛ SSN 780 «Missouri» и SSN 783 «Minnesota», у которых тоже отсутствовало несколько элементов покрытия.

Летом 2016 г. возникла проблема с соблюдением планового срока (07.01.2017 г.) ввода в состав ВМС 14-й АПЛ типа «Virginia» – «Washington» SSN 787 (четвертая в подсерии Block III и 14-я в общей серии). В ходе испытаний АПЛ, построенной на верфи НПС NNS, была выявлена неисправность входного люка выгородки, предназначенной для выхода бойцов ССО. Испытания были прерваны, а ввод корабля в эксплуатацию перенесен.

Проблемы возникают не только при строительстве боевых кораблей, но и вспомогательных судов. Судно слежения за полетами ракет «Howard O. Lorenzen» (Т-АСМ 25) достигло начальной оперативной готовности в марте 2014 г., после завершения в декабре 2013 г. испытаний, связанных с установкой новой двухдиапазонной РЛС «Cobra King», заменившей РЛС AN/SPQ-11 «Cobra Judy». Первоначально судно планировалось ввести в эксплуатацию в 2011 г., но из-за возникших проблем в ходе испытаний запланированная дата ввода была перенесена.

В связи со значительным повышением первоначальной стоимости ВМС США объявили 23.05.2014 г. об отказе

обновления АСБУ «Aegis» при модернизации ЭМ УРО типа «Arleigh Burke» подсерий Flight I и Flight II. К тому времени были модернизированы восемь ЭМ УРО. Предполагаемая стоимость модернизации одного корабля – 170 млн. долл., однако фактические затраты достигли 270 млн. долл.

Аналогичные проблемы возникают при строительстве кораблей других стран.

Можно привести пример строительства ЭМ УРО типа «Daring» ВМС Великобритании, построенных на верфи BAE Systems Surface Ships (Glasgow, Шотландия) и введенных в состав ВМС Великобритании в 2009–2013 гг.

На этих кораблях впервые было использовано полное электродвижение. При этом за основу была принята интегрированная электроэнергетическая/пульсивная система IEP (Integrated Electric Propulsion), ранее широко применяющаяся на судах коммерческого флота.

Вместе с тем в отличие от ЭУ IEP, устанавливаемых на гражданских судах, для ЭУ боевых кораблей требуются значительно более высокие показатели удельной мощности, а также выдвигаются существенно более жесткие требования к их вибрации и ударным нагрузкам.

Необходимость учета этих требований потребовало масштабных проработок (в частности, министерство обороны Великобритании совместно с компанией BAE Systems построило стенд ESTD (Electric Ship Technology Demonstrator) в Whetstone, графство Лестершир, где проводились испытания ЭУ ЭМ УРО типа 45 на разных режимах) и вызвало ряд проблем как в период испытаний, так и в период эксплуатации корабля.

Уже в ходе испытаний головного ЭМ УРО «Daring», начавшихся в июле 2007 г., было выявлено множество дефектов ЭУ, которые свидетельствовали о необходимости изменений конфигурации системы. В связи с этим в период до октября 2010 г. были внедрены около 50 проектных изменений.

Однако проблемы продолжали проявляться и после ввода в строй головного корабля. Многочисленные случаи полного выхода ЭУ из строя во время выполнения боевых операций выявили системный характер неисправностей.

В 2011 г. в ходе независимого расследования было отмечено, что низкая надежность новой ЭУ обусловлена рядом различных, не связанных между собой причин.

В 2015 г. был опубликован «Обзор по стратегической безопасности и обороне» SDSR (Strategic Defence and Security Review), в который были включены требования к необходимой

модернизации ЭУ. В результате ВМС Великобритании начали работы по устранению проблем с ЭУ ЭМ УРО типа «Daring» (проект «Narieg»), в том числе планировалось увеличить количество ДГ в составе ЭУ.

В начале июня 2016 г. была опубликована информация о том, что ГТД WR-21 не приспособлены для эксплуатации в теплых водах Персидского залива, где были развернуты ЭМ – турбины выходят из строя вследствие перегрева.

В марте 2016 г. министр обороны Великобритании представил парламенту страны доклад, в котором сообщалось о проблемах с ЭУ ИЕР и их причинах, в том числе о недостаточной продолжительности испытаний на стенде ESTD для гарантии подтверждения безотказности работы системы.

В результате принято решение о предстоящем в начале 2018 г. внеплановом последовательном ремонте ЭУ на всех шести ЭМ УРО типа «Daring» (проект Type 45).

В целом, если при этом при проведении платежей в 2007–2009 гг. стоимость одного корабля оценивалась в 674 млн. ф. ст., то к моменту окончания постройки серии из 6 ед. стоимость постройки одного корабля достигла 1077 млн. ф. ст. И это, не учитывая описанных многочисленных доработок после ввода кораблей в эксплуатацию.

В ходе эксплуатации АПЛ типа «Astute» (головная находится в составе ВМС Великобритании с 27.08.2010 г. и в мае 2014 г., освидетельствована в полной оперативной готовности) был выявлен целый ряд проблем, в частности:

- течи трубопроводов забортной воды,
- неправильные показания измерительных приборов ЯР, обусловленные некачественной свинцово-водной защитой,
- низкое качество изображения, получаемого от оптико-электронных перископов,
- теснота размещения членов экипажа (были использованы готовые узкие койки),
- недостаточная емкость АБ,
- повышенное шумоизлучение импульсивной системы.

В июне 2012 г. министерство обороны Великобритании обнародовало секретный документ, содержащий сведения о коррозии оборудования двух первых АПЛ типа «Astute».

В документе говорится, что причиной коррозии стало несоблюдение правил контроля из-за стремления снизить стоимость постройки АПЛ. Было установлено, что на головной АПЛ «Astute» коррозия была обусловлена нарушением правил подготовки поверхности к нанесению лакокрасочного покрытия и его отслаиванием. Кроме того, была обнаруже-

на коррозия на фитингах и клапанах трубопроводов. На второй АПЛ «Ambush» была обнаружена коррозия на «внутренних поверхностях трубопроводов, в том числе проходящих через реакторный отсек». Коррозия оборудования была выявлена и на третьей АПЛ «Artful».

Общее число инцидентов на АПЛ «Astute» составило 12 в 2014 г. и 21 в 2015 г. (т.е. по мере эксплуатации число инцидентов возросло почти в два раза).

Переносы сроков характерны и для кораблей ВМС Великобритании других типов. Так, график строительства АВ «Prince of Wales», заложенного 26 мая 2011 г., был смещен на два года, и, вероятно, снова будет изменен, поскольку спуск корабля на воду, планировавшийся на 2016 г., состоялся только 8 сентября 2017 г.

По оценкам 2008 г., стоимость строительства двух АВ типа «Queen Elizabeth» составляла 3,9 млрд. ф. ст. (5,6 млрд. долл. США), к октябрю 2010 г., она возросла до 5,2 млрд. ф. ст. (7,5 млрд. долл. США) и в 2017 г. составила 6,2 млрд. ф. ст. (более 8,0 млрд. долл.).

Для ВМС Франции в 2002 г. начал разрабатываться проект «Barracuda». Контракт на постройку подписан в 2006 г. и составил 7,9 млрд. евро. Перспективные АПЛ должны заменить серию из шести АПЛ типа «Rubis», построенных в 1983–1993 гг. Окончание строительства головного атомхода «Suffren» изначально планировалось на 2016 г., а последующих – с интервалом от 1,5 до 2 лет. Однако после многочисленных переносов сроков сдачи подлодка должна поступить на вооружение в 2020 г.

Соответственно, это приведет к сдвигу всей программы не менее чем на два года, т.е. последняя АПЛ серии будет введена в состав ВМС Франции не в 2027 г., а в 2029 г.

В связи с этим ВМС Франции рассматривает программу ремонта АПЛ типа «Rubis», вывод из строя которых предполагался с 2017 г. по мере строительства АПЛ типа «Barracuda».

По мнению специалистов, полным провалом окончились испытания головного фрегата (ФР) типа F125 «Baden-Wuerttemberg» ВМС Германии. По сообщению Агентства по закупкам министерства обороны Германии ВААINWv от 22.12.2017 г., в ходе приемных испытаний головного ФР типа F125 «Baden-Wuerttemberg» был выявлен ряд существенных проблем, в связи с чем ФР был возвращен на верфь компании ТКМС в Гамбурге.

Это первый случай в истории кораблестроения Германии, когда военная приемка вернула уже построенный корабль. В ряде источников уже назвали программой строительства ФР F125 стоимостью около 3 млрд. евро крупнейшим фиаско

оборонной промышленности. По мнению экспертов, на то, чтобы устранить все выявленные неполадки, уйдут годы.

По имеющейся информации, проблемы связаны с программным обеспечением и оборудованием ЦПУ. По мнению специалистов, именно из-за них ФР не был введен в эксплуатацию в плановый срок (28.07.2017 г.).

Кроме того, было выявлено, что из-за ошибок проектирования ФР имеет постоянный крен 1,3° на правый борт, для исправления которого могут потребоваться значительные проектные изменения. Более того, корабль перегружен, что может стать проблемой при его модернизации.

Основная масса проблем связана с РЭВ корабля. Отмечается, в частности, что так и не удалось наладить стабильную работу бортовой РЛС.

Также сообщается, что корабль имеет недостаточный уровень пожарной безопасности, в том числе малую эффективность противопожарных покрытий топливных цистерн.

Проблемы с приемкой головного ФР типа F125 «Baden-Wuerttemberg» ставят под сомнение реализацию всю программу строительства кораблей данного типа (4 ед.).

Такие же проблемы возникают при разработке отдельных корабельных систем и комплексов. Фирма Navantia (Испания) совместно UTC Power to Design Fuel Cell (Windsor, США) инициировала ВНЭУ на ЭХГ с полимерной мембраной с целью создания национальной испанской ЭУ такого типа. При этом предполагалось, что ЭУ будет установлена на неатомной ПЛ пр. S-80А, начиная с головной (строительство ПЛ ведется на испанской верфи Navantia). Однако эти планы были сорваны в связи с задержкой разработки системы. Более того, пока нет данных, какая из четырех ПЛ серии станет первой, оснащенной ВНЭУ.

BAE Systems по контракту с министерством обороны Великобритании стоимостью 45 млн. ф. ст. (66 млн. долл. США) в июне 2010 г. начала работы по модернизации торпеды «Spearfish». В 2014 г. предполагалось принять решение о начале серийного производства модернизированных торпед. Однако сроки не были выдержаны и по состоянию на 2016 г. начало поставок ВМС Великобритании модернизированных торпед планируется на 2020 г.

Исходя из приведенного краткого обзора состояния зарубежного кораблестроения, можно сделать следующие выводы.

1. Создание корабля объективно сопряжено со значительными рисками, зачастую влекущими за собой перенос сроков его строительства, пересмотру (в сторону увеличения) ценových показателей реализации проекта, незапланированным

**Некоторые примеры увеличения стоимости строительства кораблей
и корабельного вооружения**

Корабль	Стоимость, млн. дол		Рост стоимости млн. долл./%
	Первоначальная	Фактическая	
АВ «Gerald R. Ford» (CVN-78)	11 000	17 400*	6400/59
ФР ПЗ LCS	223	538	315/141
ЭМ УРО типа «Daring»	674**	1 077**	403 ² / 58
АВ типа «Queen Elizabeth»	5600	8000	2400/ 43
Десантно-транспортный корабль-док LPD 17 «Сан-Антонио»	954	1758	804/ 84,2
Модернизация ЭМ УРО типа «Arleigh Burke»	170	260	90/ 66
64 комплекта модулей полезной нагрузки для НК ПЗ LCS	3950	7240	3290/ 84
Аэрофинишер AAG	172	743,5	571,5/ 331

* С учетом расходов на НИОКР в размере 4,7 млрд.долл.

** млн.фн.ст.

проблемам в ходе сдачи и эксплуатации кораблей. Несмотря на наличие в ведущих кораблестроительных державах отработанной (и постоянно совершенствующейся) системы планирования развития ВМС, организационной структуры, формирующей заказы на строительство кораблей и постоянно ужесточающемуся контролю за соблюдением контрактных обязательств, а также сроков сдачи кораблей, контролем качества военно-морской техники ни одной из них не удалось избежать указанных проблем.

В табл. 1 приведены некоторые примеры увеличения сроков стоимости строительства кораблей.

В результате ВМС зарубежных стран вынуждены:

- корректировать ранее принятые программы строительства (сокращения кораблей типа «Zumwalt» с 32 до 3 ед.) и модернизации кораблей (отказе от обновления АСБУ «Aegis» при модернизации ЭМ УРО типа «Arleigh Burke»), рассматривать новые программы (программа ремонта АПЛ типа «Rubis» ВМС Франции в связи со срывом сроков строительства планируемому им на смену АПЛ «Suffren»);
- сдавать небоеготовые корабли без принятых в эксплуатацию основных систем и комплексов (аэрофинишер AAG, электромагнитная катапульта EMALS, отсутствие сформированного авиакрыла АВ «Gerald R. Ford»), без выполнения полной программы испытаний (на удароустойчивость FSST (Full Ship Shock Trial), эксплуатационных испытаний ОТ&Е АВ «Gerald R. Ford»);
- принимать уже в ходе эксплуатации решения о кардинальном изменении проектных решений (установка двух дополнительных ДГ на каждый ЭМ УРО типа «Daring»);
- 2. Среди причин, влекущих за собой рост стоимости и сроков строительства кораблей, можно выделить следующие:
 - потеря многих навыков и компетенций в проектировании и строительстве вследствие больших перерывов в проектировании определенного класса кораблей;
 - слабый учет возможностей промышленности при формировании программ кораблестроения;
 - использование в проекте корабля значительного количества перспективных комплексных систем, носящих инновационный характер;
 - недостаточное количество вследствие стремления к экономии испытаний основных систем корабля и отработанности перспективных технических решений (пример, РЛС DBR);
 - прямой перенос технологических

решений, отработанных в гражданском судостроении, в сферу военного кораблестроения, который оказывается не всегда оправданным в силу существенно более жестких требований по ряду ключевых параметров (использование интегрированной электроэнергетической/пропульсивной системы IEP (Integrated Electric Propulsion) на ЭМ УРО типа «Daring»);

- недостаточная продолжительность испытаний для гарантии подтверждения безотказности работы системы;
- несоблюдение правил контроля из-за стремления снизить стоимость постройки (пример, АПЛ «Astute»).

3. Какие же основные меры принимаются в зарубежных странах для снижения рисков при проектировании и строительстве кораблей:

- совершенствование нормативно – правовой базы, регламентирующей процесс создания, закупки, приемки и эксплуатации военно-морской техники начиная от инструкций, правил и руководств на уровне министерства обороны и кончая актами законодательного уровня (так, в США с 1983 г. действует Закон Нанна–МакКерди, согласно которому увеличение расходов до 18% считается умеренным; если стоимость единицы превышает 25%, чем первоначально предполагалось, требует уведомления Конгресса США, и программа прекращается при общем росте затрат более чем на 50%);
- формирование механизмов, позволяющих достаточно гибко изменять программы и планы строительства кораблей в случае возникновения серьезных трудностей;
- включение в основополагающие документы, определяющие развитие ВМС, требование учета возможностей промышленности при реализации программ кораблестроения;
- увеличение объема и количества испытаний, создание испытатель-

ной и стендовой базы, в том числе строительство специализированных опытовых кораблей;

- отказ от строительства сложных кораблей с чрезмерным количеством инноваций в пользу более отработанных решений (отказ от строительства серии перспективного ЭМ типа «Zumwalt» в пользу увеличения серии ЭМ типа «Arleigh Burke», несколько ранее – отказ от строительства серии перспективных ПЛ типа «SeaWolf» в пользу ПЛ типа «Virginia»).

ИСТОЧНИКИ

1. Capaccio Anthony. Navy's \$12.9 Billion Carrier Isn't Ready for Warfare, Memo Says. – www.bloomberg.com, 20.07.2016.
2. Director. Operational Test and Evaluation. – FY 2017 Annual Report, 2018, January.
3. www.defensenews.com
4. Jane's International Defence Review, 2017, March, vol. 50, p. 11.
5. News.usni.org/ 12.07.2016, 18.01.2017.
6. Newport News Shipbuilding, 23.11.2015, p. 1.3.
7. Trediplomat.com/31.03.2016.
8. navaltoday.com/06.04.2017.
9. news.usni.org/30.11.16.
10. Naval Today, 12 July 2018.
11. www.stratpage.com/01.09.2015.
12. Jane's Navy International, vol. 121, № 2.
13. Jane's defense weekly, 2016, vol. 53, №4.
14. Background and Issues for Congress. Congressional Research Service, 2017, 19 May.
15. www.stratpage.com/20.08.2015.
16. Defencenews.com/13.03.2017.
17. military.com/06.03.2017.
18. Jane's Fighting Ships, 2013–2014, p. 961–962.
19. Warship Technology, 2016, May, p.13–16.
20. www.royalnavy.mod.uk
21. www.dailymail.co.uk
22. www.heraldsotland.com
23. www.bmpd.livejournal.com/2836516.html
24. www.telegraf.co.uk.com
25. FLOTROM, 18.06.2018.
26. ВМС и кораблестроение. – Дайджест зарубежной прессы, № 74.
27. Jane's Fighting Ships, 2017–2018, p. 291–295.
28. IHS Jane's Defence Weekly, 2017, 1 February, vol. 54, №5, p. 19.
29. Navaltechnology.com ■

Спуск на воду – это не только «самое короткое путешествие судна», как его иногда называют, не только цветы, красное вино, замененное позднее на шампанское, как неотъемлемая часть ритуала «крещения» судна, но и особо ответственная операция, которой во все времена уделялось особое внимание.

Значимость церемонии спуска судна на воду объяснялась не только тем, что это была одна из стадий его создания, но и тем, что силы, действующие на его корпус при традиционном спуске с наклонного стапеля, могут быть не меньше, чем во время плавания, а скорость скольжения судна по спусковым полозьям иногда превышает скорость при эксплуатации [1].

Поиски путей снижения затрат и сокращения сроков постройки судов привели к тому, что в последнее время предпочтение отдается горизонтальному, а не наклонному положению судна в процессе его постройки. Поэтому для строительства судов преимущественно стали использовать сухие доки и горизонтальные стапели [2].

Если способ спуска на воду судов, построенных в сухих доках, определен конструкцией этих сооружений, то для спуска судов с горизонтальных стапелей или подъема на них судов применяются различные спускоподъемные сооружения, различающиеся по принципам работы и конструкции, в том числе слипы, подъемники, краны и другие грузоподъемные средства, а также плавучие доки.

Для подъема с воды крупных судов или спуска их на воду наиболее предпочтительными являются и преимущественно используются сухие и плавучие доки [3]. При этом строительство судна на горизонтальном стапеле имеет преимущество по сравнению со строительством в сухом доке, поскольку горизонтальные стапели находятся на одном уровне с основными цехами верфи, что делает доступ к ним более удобным.

Плавучие доки для спуска судов с берегового стапеля на воду стали использоваться после изобретения в первой половине XIX в. Жильбером балансирного плавучего дока [4]. Такой тип плавучего спускоподъемного устройства, соответствующий U-образному плавучему доку со стапель-палубой выше ватерлинии, наиболее подходил для проведения операций по спуску судов на воду.

Первое, насколько известно, использование плавучего дока для спуска судов на воду произошло в середине XIX в. в США на военно-морской верфи «Киттери» в Пенсаколе (рис. 1).

Для спуска судна этот плавучий док размещался в бассейне на деревянных клетках, установленных на сваях, называемых сейчас «жестким основанием». Для перемещения судна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ ДЛЯ СПУСКА СУДОВ НА ВОДУ И ПОДЪЕМА С ВОДЫ НА БЕРЕГ

*А.Г. Смирнов, д-р техн. наук, зам. главного конструктора направления АО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 373 0292*

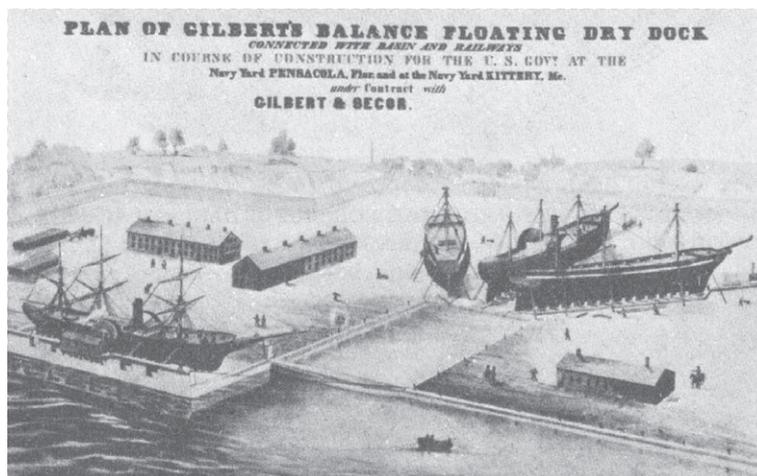


Рис. 1. Верфь «Киттери» с балансирным плавучим доком

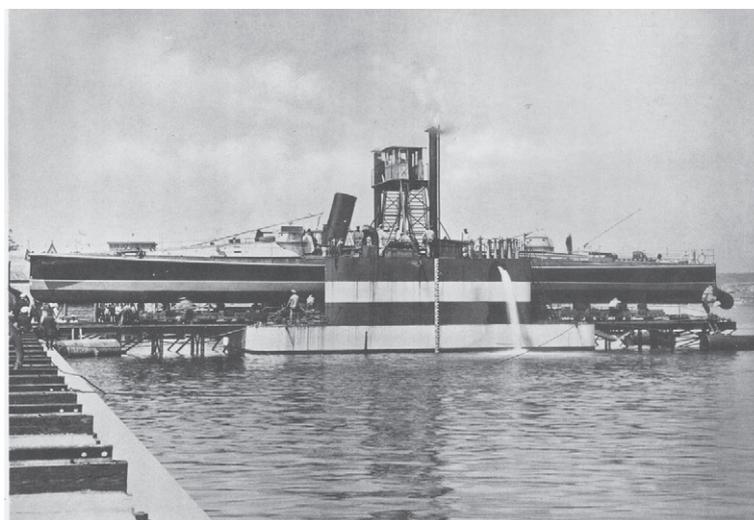


Рис. 2. Док-мост у берегового стапеля

со стапеля на плавучий док использовались береговые лебедки. Имелась также возможность не только продольного перемещения судна, но и поворота его перед затягиванием на док из углового положения по отношению к его продольной оси.

Для первых операций по спуску или подъему судов, которые, как правило, носили разовый характер, «метод плавучего дока», как его тогда называли, применялся в качестве вынужденной меры. Поэтому использовались существующие плавучие доки. При этом каких-либо особых трудностей или опасностей в тех немногих случаях, когда

для спуска судов на воду или их подъема с воды применяли плавучие доки, не было зарегистрировано, несмотря на то, что оборудование, которое при этом использовалось, было в рудиментарном состоянии [2].

Это объясняется, по всей видимости, тем, что такие операции проводились не только в благоприятных условиях, но и в районах, где амплитуда прилива и отлива сравнительно невелика, и с судами, которые имели небольшое водоизмещение по сравнению с грузоподъемностью используемого плавучего дока, к тому же устанавливаемого на «жесткое основание».

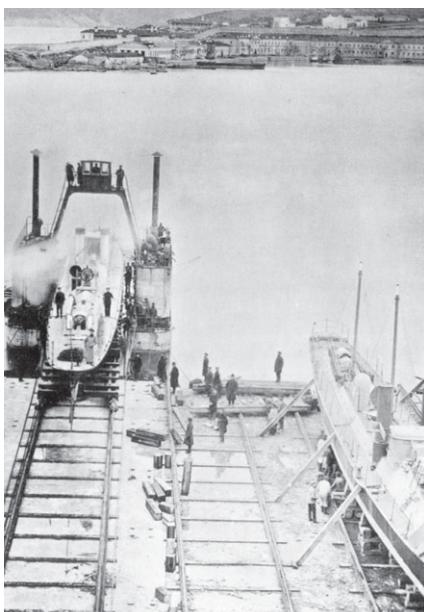


Рис. 3. Перекатка миноносца на береговой стапель

хранение горизонтального положения плавучего дока на уровне берегового стапеля при воздействии прилива и отлива в период перемещения судна по доку. При этом допустимые нагрузки на корпус судна и плавучего дока, а также на «жесткое основание» обеспечивались за счет откачки балласта из отсеков дока.

В нашей стране первый плавучий док такого назначения был построен в 1890 г. в Севастополе. Это металлическое U-образное плавучее судоподъемное сооружение, получившее название док-мост, было предназначено для подъема из воды миноносцев и выкатки их на тележках по рельсовым путям на береговой стапель (рис. 2 и рис. 3), а также спуска их на воду после ремонта [5].

Однако для реализации такого способа постановки плавучего дока у береговых горизонтальных стапелей необходимо строительство подводных опор

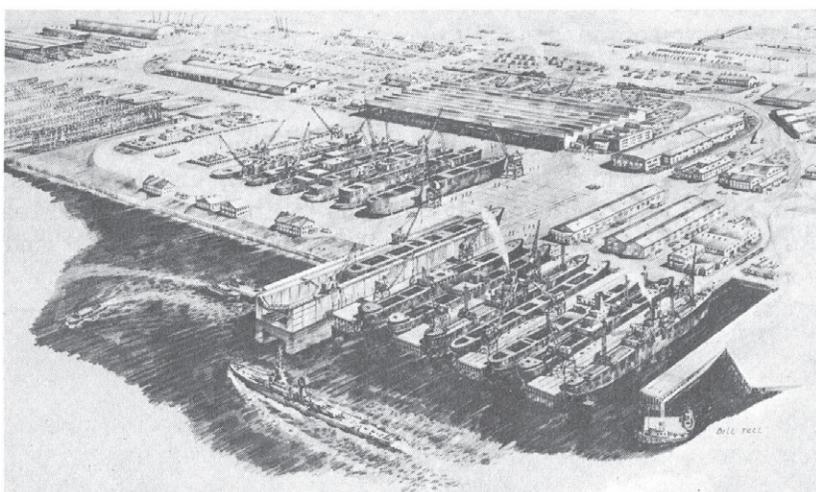


Рис. 4. План верфи компании «Терминал Айленд»



Рис. 5. Плавучий док «Сухона» на береговых опорах

Таким образом, создавались необходимые условия для обеспечения безопасного проведения спусковой операции, основным условием которой было со-

в виде «жесткого основания», имеющих значительную стоимость, а также усложняющих плавание судов в этом районе.

Чтобы частично устранить указанные недостатки, особенно касающиеся усложнения судоходства на акватории верфи, в ряде случаев подводные опоры выполняются в выемке набережной или конструктивно совмещаются с другими гидротехническими сооружениями [2]. Примером реализации такого способа является размещение плавучего дока в США на калифорнийской верфи компании «Терминал Айленд» (рис. 4).

В нашей стране большого распространения способ постановки плавучих доков на «жесткое основание» не нашел. Только два построенных в 80-е гг. XX в. плавучих доков «Торос» и «Паллада», имеющих композитный корпус, состоящий из металлических башен и железобетонного понтона, по условию обеспечения прочности пришлось устанавливать на «жесткое основание», состоящее из группы подводных опор. Этими плавучими доками были оснащены судоремонтный завод «Нерпа» и дальневосточный завод «Звезда».

Несмотря на то, что в отечественной практике кроме постановки на «жесткое основание» имеется опыт установки передаточных плавучих доков на период выполнения спусковой операции на одну, две или три опоры, наибольшее распространение получил двухопорный вариант. Установка металлического передаточного плавучего дока на две опоры (береговую и мористую) с обеспечением продольной накатки судна на плавучий док по рельсовым путям с помощью судовозных тележек за границей получила название «русского метода».

В качестве одного из наиболее удачных в отечественной практике можно считать вариант применения «русского метода» при установке в порту Императора Александра III плавучего док-моста грузоподъемностью 400 т, построенного Санкт-Петербургским Металлическим заводом в 1906 г. для обслуживания 20 стапельных мест. Это металлическое судоподъемное сооружение, имеющее традиционную для плавучих доков U-образную форму, было оснащено рельсовыми путями и судовозными тележками, на которых размещались кильблоки. После докования судна, выполняемого в гавани, док-мост заводился в бассейн лагом, где садился своими оконечностями на уступы противоположных стенок бассейна таким образом, чтобы его рельсовые пути совмещались с береговыми путями. С помощью судовозных тележек судно выкатывалась на один из береговых стапелей для ремонта [5].

Немногим более 70 лет спустя аналогичный вариант размещения металлического передаточного плавучего дока «Сухона» грузоподъемностью 25000 т был применен в Северодвинске при со-

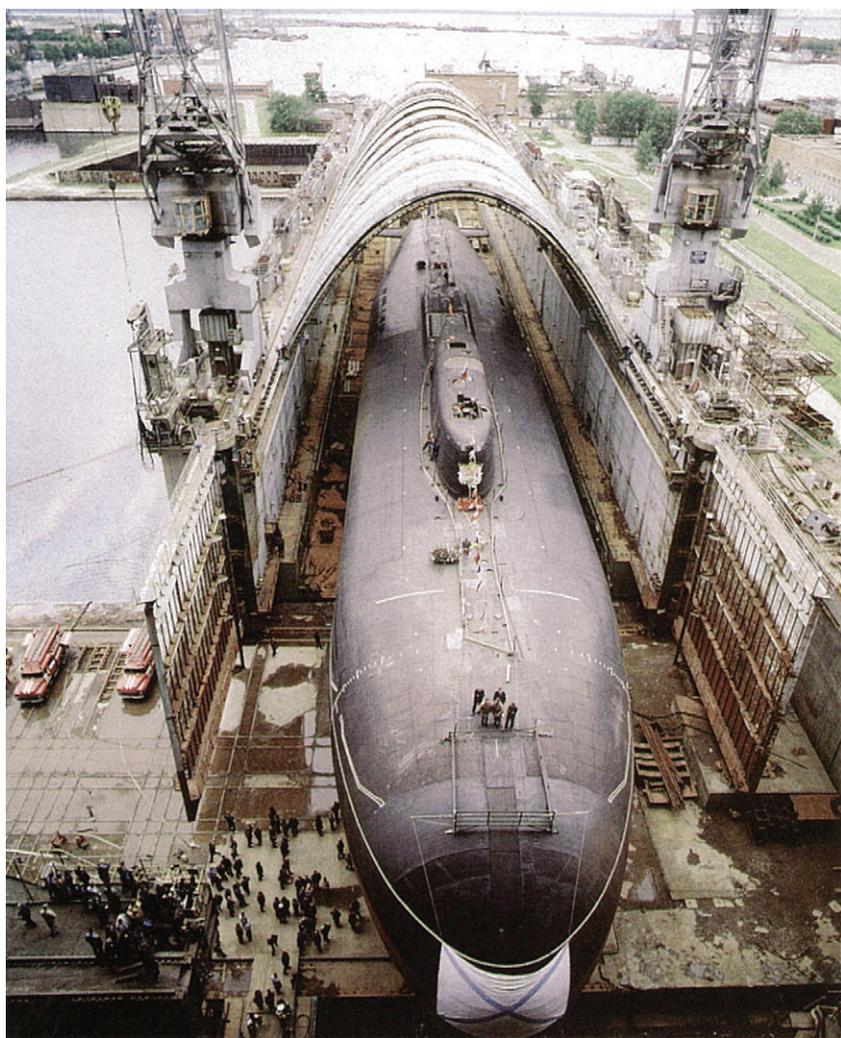


Рис. 6. Накатка АПЛ на плавучий док «Сухона»

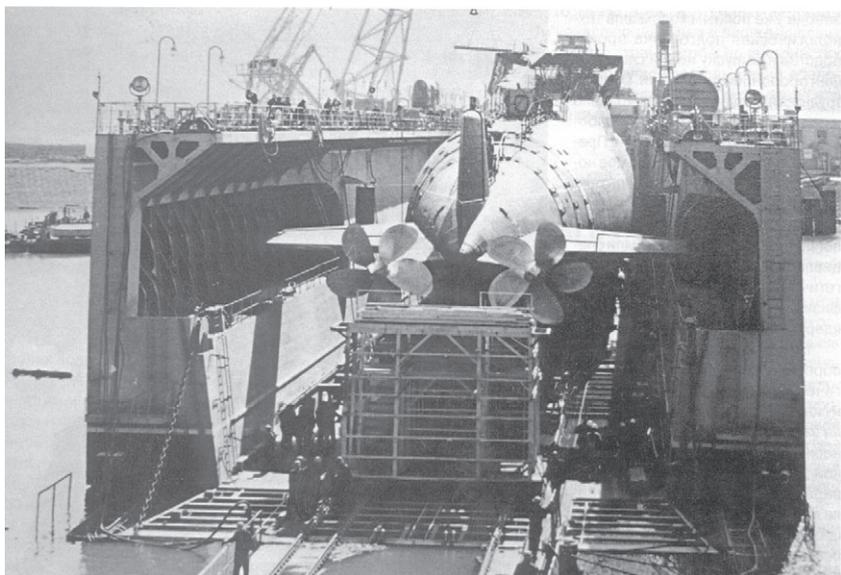


Рис. 7. Плавучий док «Амур» после накатки на него АПЛ

здании нового судостроительного комплекса (рис. 5).

С использованием этого плавучего дока обеспечивался спуск на воду атомных подводных лодок (АПЛ), в том числе и крупнейших в мире, а при необходимости и их подъем с воды на береговые стапельные места (рис. 6).

В процессе реконструкции и расширения производственных возможностей крупнейших судостроительных предприятий России передаточными плавучими доками были также оснащены в 1969 г. «Амурский судостроительный завод» (рис. 7), в 1972 г. «Прибалтийский судостроительный

завод «Янтарь» (рис. 8), в 1974 г. «Адмиралтейские верфи» (рис. 9), в 1975 г. «Судостроительный завод «Северная верфь» (рис. 10).

На этих плавучих доках, так же как на плавучем доке «Сухона», реализована продольная система накатки спускаемых судов по рельсовым путям, а плавучие доки установлены на две опоры, береговую и мористую.

Конструктивно береговые и мористые опоры могут существенно отличаться и быть стационарными или съемными, а также надводными или подводными.

Наиболее характерным примером установки дока на береговую и стационарную подводную мористую опору является размещение плавучего дока «Балтика» грузоподъемностью 12500 т на «Прибалтийском судостроительном заводе «Янтарь» в Калининграде (см. рис. 8) [6]. Однако наличие стационарной мористой опоры в виде подводных клеток существенно стесняет акваторию предприятия и усложняет проход судов в этом районе.

Со съемной мористой опорой, в качестве которой используется откидной плавучий криволинейный, эксплуатируется плавучий док «Кораблестроитель Дмитрий Афанасьев» грузоподъемностью 13000 т на «Судостроительном заводе «Северная верфь» в Санкт-Петербурге. Такой вариант установки плавучего дока является попыткой устранить основной недостаток предыдущего способа и создать для судоходства на акватории предприятия более благоприятные условия (рис. 11).

На «Севмашпредприятии» более двух десятилетий эксплуатировался имеющий только береговую опору транспортно-передаточный плавучий док «Онега» грузоподъемностью 1600 т, предназначенный для приема с горизонтального стапеля, транспортировки и передачи на горизонтальный стапель крупногабаритных тяжеловесных блоков строящихся судов. Преимущества одноопорного варианта стыковки плавучего дока с береговыми сооружениями очевидны, так же как простота средств контроля его посадки и прочности корпуса во время выполнения операции по перемещению блоков в условиях интенсивных приливов и отливов, которые присущи этому региону.

Передаточный плавучий док «Балтика» на судостроительном заводе «Янтарь» помимо варианта установки на две опоры используется и с установкой только на береговую опору, но при существенном ограничении его грузоподъемности по сравнению с двухопорным вариантом.

В зарубежной практике иногда используется поперечная система пере-

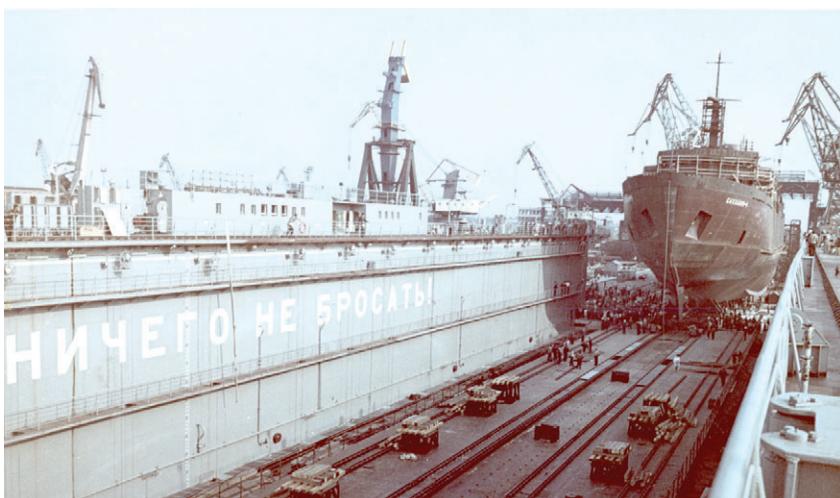


Рис. 8. Накатка парома «Сахалин» на плавучий док «Балтика»



Рис. 9. Плавучий док «Луга»



Рис. 10. Плавучий док «Кораблестроитель Дмитрий Афанасьев»

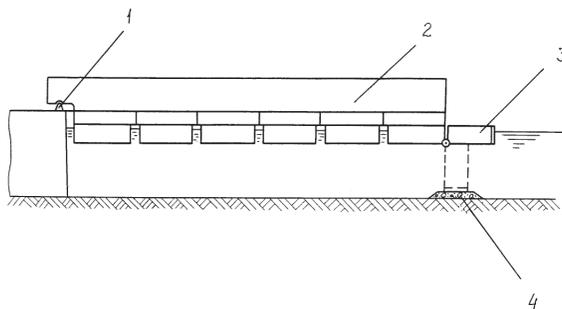


Рис. 11. Схема постановки плавучего дока «Кораблестроитель Дмитрий Афанасьев» на стационарную береговую и съёмную подводную опоры
1 – береговая опора; 2 – плавучий док; 3 – криволинейная опора; 4 – опорная площадка

мещения судов с берегового стапеля на передаточный плавучий док или с дока на береговые стапельные места [7]. Такой способ перемещения крупных кораблей при их накатке на плавучий док использовался в США полвека назад на верфи «Инголлс шипбилдинг» (рис. 12).

Постановка плавучего дока около берегового стапеля осуществлялась на «жесткое основание», а для поперечного перемещения судна одна из двух его башен демонтировалась на период выполнения этой операции и вновь устанавливалась после ее завершения (рис. 13). При этом для перемещения судна использовалось судовозное оборудование на пневматическом ходу.

Следует отметить, что способ поперечной передачи судна с воды на берег или с берега на воду с использованием однобашенного плавучего дока – это не новое техническое решение, он был разработан в Англии еще во второй половине XIX в. и реализован на нескольких верфях в Европе. Для такой операции использовался однобашенный плавучий док с разрезным гребенчатым понтоном и понтоном-противовесом [5].

В конце 80-х гг. XX в. Феодосийской судостроительной корпорацией «Море» для обеспечения спуска на воду судов на подводных крыльях и подъема их на берег было построено и использовалось L-образное плавучее спуско-подъемное сооружение, названное плавучей спусковой платформой, ввод и вывод судов из которого выполнялся лагом [8].

Развитие блочных и блочно-модульных принципов в судостроении привело к использованию плавучих доков для обеспечения формирования корпусов судов при их «бесстапельной» постройке. Одними из первых формировать корпус судна в плавучем доке из стандартных модулей стали на американской верфи компании «Эри марин», специализировавшейся на строительстве крупнотоннажных рудовозов для Великих Озер [9].

В отечественной практике в настоящее время в качестве плавучего стапеля Выборгским судостроительным заводом используется плавучее четырехбашенное сооружение, названное самоподъемной баржей «Атлант» (рис. 14).

На этой барже формируют корпуса судов из блоков массой 200–300 т, которые накатывают на нее с помощью тележек на пневматическом ходу. При этом в процессе накатки блоков баржа поддерживается на уровне передаточного причала без использования опор. На период перемещения по барже блоков три из четырех ее башен демонтируют, а после завершения этой опера-

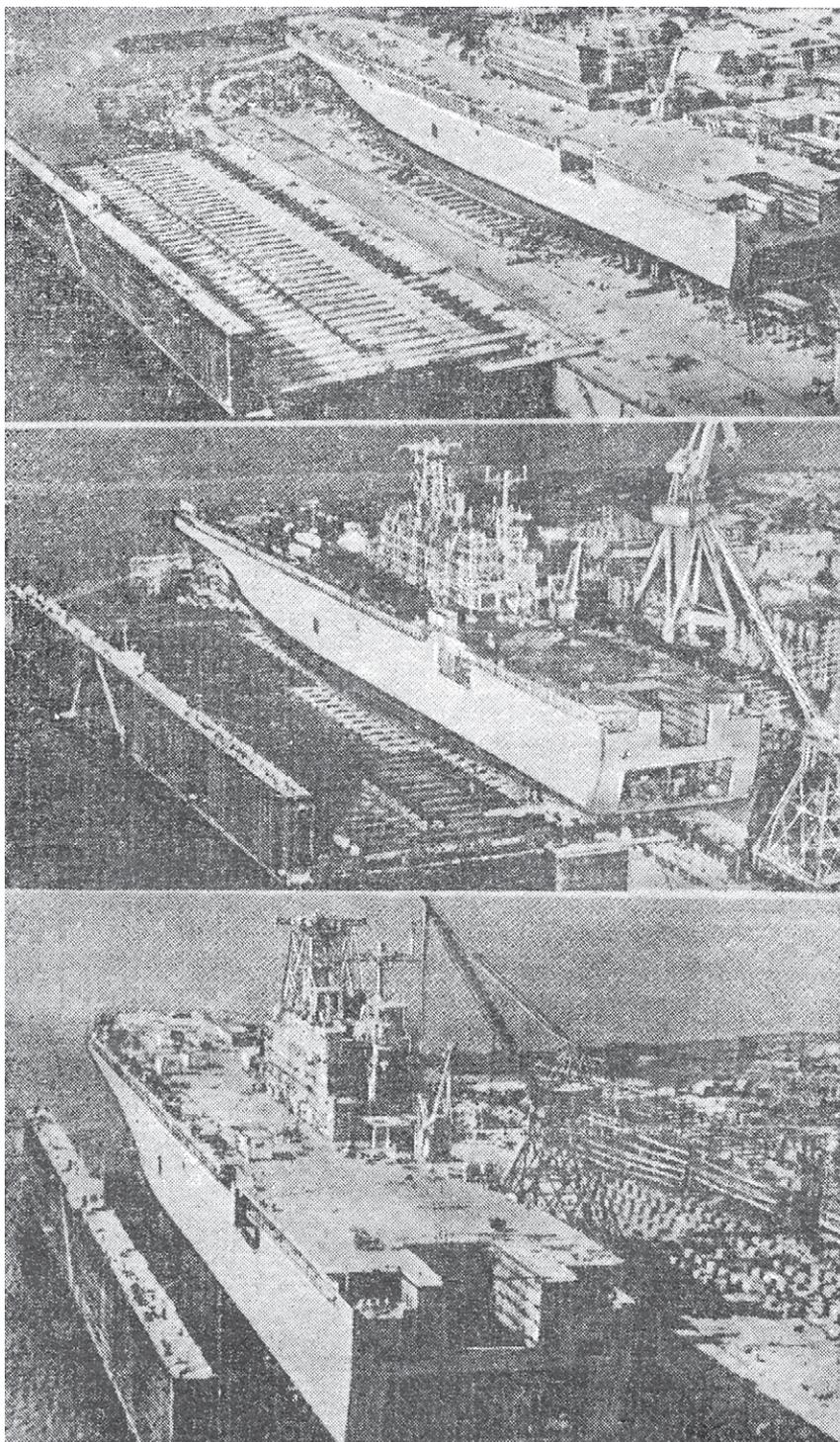


Рис. 12. Три этапа накатки корабля на плавучий док на верфи «Инголлс шипбилдинг»



Рис. 14. Плавучая самоподъемная баржа «Атлант»

ции восстанавливают. Спуск судна на воду осуществляется традиционным методом докования [10].

На ряде верфей Южной Кореи, Японии и Китая в плавучих доках ведется сборка судов из крупных бло-

ков. Блоки могут доставляться на плавучий док с помощью кранов грузоподъемностью до 2000–3000 т, на колесных транспортерах с берега или баржи-площадки. На некоторых верфях плавучими доками осуществляется спуск на воду полностью сформированных крупнотоннажных судов, перемещаемых на плавучий док с помощью колесных транспортеров. При этом такие спусковые операции выполняются без использования береговых или подводных опор. Удержание дока на уровне причала в период накатки судна и обеспечение плавного перехода судна с причальной стенкой на док обеспечивается балластировкой [11].

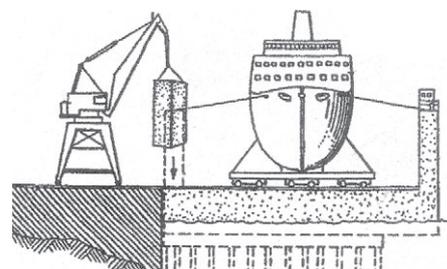


Рис. 13. Схема постановки плавучего дока на «жесткое основание» на верфи «Инголлс шипбилдинг»

В настоящее время на ряде судостроительных и судоремонтных предприятий нашей страны, оснащенных в 70-х–80-х гг. прошлого века передаточными плавучими доками, идет подготовка к реконструкции с целью совершенствования методов и средств, обеспечивающих строительство судов, в том числе оснащения их новыми спускоподъемными сооружениями, поскольку приближается окончание срока службы существующих.

Во второй половине XX в. в нашей стране предпочитали применять «русский метод», что и было реализовано в процессе оснащения предприятий судостроительной промышленности передаточными плавучими доками, обеспечивающими его реализацию.

За прошедшие полвека появились и были успешно апробированы новые технологии выполнения спуско-подъемных операций, а также разработан ряд новых архитектурно-конструктивных компоновок плавучих доков, использовавшихся для их реализации. Поэтому, по всей видимости, потребуется углубленное рассмотрение вопроса взаимодействия передаточных плавучих доков с береговыми и гидротехническими сооружениями с учетом произошедших изменений и требований к ним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Surveyor, 1974, vol. 8, p. 22-30.
2. Waterways & Harbors Division, 1970, vol. 96, № 1, p. 121-144.
3. International Shipbuilding Progress, 1964, №116 (April), p. 179-189.
4. Брокгауз Ф.А., Эфрон И.А. Энциклопедический словарь. – СПб., 1893, т. X.
5. Киприянович В. Сухие и плавучие доки. – СПб., 1911.

6. Пегов Н.П., Петраков Л.А., Чесноков В. Н. Первый отечественный спусковой и ремонтный док грузоподъемностью 12 500 т // Судостроение. – 1973. – № 6.
7. Marine Technology. 1976, vol. 13, № 2, p. 184–191.
8. Лапочкин Э.В., Поляков А.П., Петраков Л.А., Смирнов А.Г. Спуск и подъем судов с динамическими принципами поддержания с использованием плавучей спусковой

- платформы // Технология судостроения. – 1988. – №9.
9. Сырков А.К. Современные судостроительные верфи. – Л.: Судостроение, 1976.
 10. Ледокол строится на «Атланте» // Судостроение. – 2013. – № 4. – С. 72-73.
 11. Мореходов М.А. Современная сборка судов – новые технологии // Судостроение. – 2009. – № 2. ■

Данная работа – это продолжение исследования несущей способности иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска с использованием обжимной шайбы [3]. Схема такого иллюминатора показана на рис. 1.

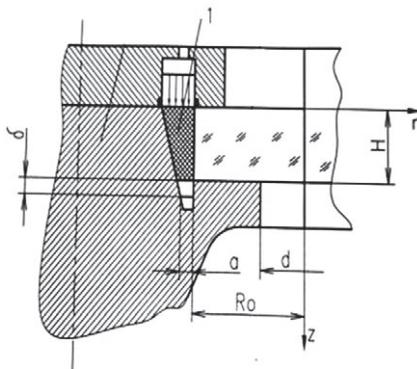


Рис. 1. Схема иллюминатора

В работе [1] отмечена необходимость точного определения податливости обоймы иллюминатора для увеличения его несущей способности. Вторым важным условием, определяющим ресурс и надежность, является передача на боковую поверхность стеклоэлемента радиальных сжимающих усилий. Для создания радиального сжатия и обеспечения герметичности используется шайба 1 из материала, модуль упругости которого приблизительно на порядок меньше, чем у стекла. При воздействии гидростатического давления и реакции со стороны корпуса и стеклоэлемента материал шайбы сжимается и она проскальзывает на величину δ в коническую полость, образованную между светопрозрачным элементом и обоймой. В результате этого на боковую поверхность стеклоэлемента действуют сжимающие усилия, превышающие приложенное гидростатическое давление и увеличивающиеся от поверхности приложения гидростатического давления к контактной поверхности. Величина и характер их распределения определяются геометрическими и физическими параметрами обжимной шайбы и технологическими параметрами сборки. В совокупности эти параметры определяют и величину ее осевого смещения, ограничение которой приводят как к изменению ха-

рактера передаваемых усилий, так и к нарушению герметичности. В данной работе приведена методика оценки величины осевого смещения шайбы без учета нелинейного характера поведения материала и сил трения. Поэтому данное решение соответствует осевому смещению в первоначальный момент достижения рабочего давления.

Постановка задачи. Параметры обжимной шайбы найдем из условия равенства работы A , совершаемой при ее осевом смещении на величину δ под воздействием гидростатического давления q и накопленной при этом потенциальной энергии U . Ее модуль упругости E значительно меньше материала обоймы и стеклоэлемента, поэтому их податливость можно не учитывать. В качестве исходных геометрических параметров примем α – угол конусности внешней боковой поверхности обжимной шайбы; H , a , R_0 – соответственно высота, минимальный размер, радиус внутренней поверхности; Δ – величина натяга.

Рассмотрим трехмерную осесимметричную задачу линейной теории упругости. Точка на боковой конической поверхности имеет координаты $(r(z), z)$, где

$$r(z) = R_0 + a + H \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - z \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Уравнение равновесия для трехмерной осесимметричной задачи имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} &= 0; \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Примем следующее распределение $\sigma(z)$:

$$\sigma_z = -q \times \left(1 - \frac{z}{H}\right). \quad (3)$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЖИМНОЙ ШАЙБЫ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф.,

ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,

В.П. Лянзберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник науч.

группы МАИ (Национального исследовательского университета),

контакт. тел. +7 (915) 222 2977

Так как шайба проскальзывает в коническую полость между стеклоэлементом и обоймой, то при $r = R_0$

$$\tau_{rz} = 0. \quad (4)$$

С учетом (3) второе уравнение системы (2) можно записать так:

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} = -\frac{q}{H}. \quad (5)$$

Уравнение (5) является уравнением вида $F(x, y, z, \frac{\partial F}{\partial z}) = 0$ ([2] с.332).

Общий вид решения такого уравнения:

$$\tau_{rz} = \frac{\Psi(z)}{2} - \frac{q}{H} \times \frac{r}{2}.$$

Из уравнения (4) следует

$$\Psi(z) = \frac{q \times R_0^2}{2 \times H}; \quad \frac{\partial \Psi(z)}{\partial z} = 0. \quad (6)$$

Уравнения для напряжений запишем в виде

$$\begin{aligned} \sigma_z &= -q \times \left(1 - \frac{z}{H}\right); \\ \sigma_r &= E \times \varepsilon_r + \nu \times (\sigma_\theta + \sigma_z); \\ \sigma_\theta &= E \times \varepsilon_\theta + \nu \times (\sigma_r + \sigma_z). \end{aligned} \quad (7)$$

Выразим деформации $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta$ и напряжения σ_θ через перемещения:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\nu^2} \times \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} + \nu \times \frac{u_r}{r}\right) + \frac{\nu}{1-\nu} \times \sigma_z. \quad (8)$$

Первое уравнение системы (2) с учетом (8) можно записать в виде

$$r^2 \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + r \times \frac{\partial u_r}{\partial r} - u_r = 0. \quad (9)$$

Это уравнение Эйлера вида [2]

$$x^2 \times \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + x \times \frac{\partial y}{\partial x} + ay = 0, \quad (10)$$

где $a = -\nu^2 < 0$ и имеет решение

$$u_r = C_1(z) \times r + C_2(z) \times \frac{1}{r}. \quad (11)$$

Граничные условия имеют вид

$$u_r(R_0) = \Delta;$$

$$u_r(R_0 + a + (H - z) \times \operatorname{tg}(\alpha/2)) = (12)$$

$$= -\delta \times \operatorname{tg}(\alpha/2).$$

Подставим (11) в (12) и решим полученную систему уравнений относительно $C_1(z), C_2(z)$. Получим решение, связывающее геометрические и технологические параметры:

$$C_1(z) = \frac{\Delta}{R_0} - \frac{r(z) \times [\delta \times \operatorname{tg}(\alpha/2) + \Delta \times \frac{r(z)}{R_0}]}{r^2(z) - R_0^2}; \quad (13)$$

$$C_2(z) = \frac{R_0^2 \times r(z) \times (\delta \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \Delta \times \frac{r(z)}{R_0})}{r^2(z) - R_0^2}. \quad (14)$$

На основании полученных значений (13) и (14) из уравнений (7), (8), (11) можно получить соотношения для перемещений, деформаций и напряжений. Накопленная потенциальная энергия U в результате осевого проскальзывания обжимной шайбы на величину δ определим из уравнения

$$U = 0,5 \times \int_V (\varepsilon_r \times \sigma_r + \varepsilon_\theta \times \sigma_\theta + \varepsilon_z \times \sigma_z) \partial V.$$

Полученное таким образом соотношение можно привести к сумме табличных интегралов вида

$$\int \frac{\partial x}{x} = \frac{1}{\sqrt{-\Omega}} \times \ln \frac{2 \times b \times x + c - \sqrt{-\Omega}}{2 \times b \times x + c + \sqrt{-\Omega}};$$

$$\int \frac{x \partial x}{X} = \frac{\ln X}{2 \times b} - \frac{c}{2 \times b} \int \frac{\partial x}{X},$$

где $X = b \times x^2 + c \times x + d$; $\Omega = 2 \times b \times d - c^2$.

Здесь b, c, d, Ω – функции геометрических параметров обжимной шайбы:

$$b = \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}; \quad c = 2 \times (R_0 + b) \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$d = 2 \times R_0 \times b + b^2.$$

Работа A , совершаемая в результате воздействия на большую торцевую поверхность обжимной шайбы гидростатическим давлением q и ее проскальзывания на величину δ между стеклоэлементом и обжимкой, определим из уравнения

$$A = 0,5 \times F \times \delta = 0,5 \times \delta \times q \times \pi \times$$

$$\times \{(R_0 + a + H \times \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2})^2 - R_0^2\}.$$

В результате преобразования уравнения $A = U$ получим итоговое соотношение, связывающее геометрические, технологические параметры и приложенное гидростатическое давление

$$A \times \Delta^2 + B \times \Delta \times \delta + C \times \delta^2 = D \times \delta.$$

Величины A, B, C, D – это функции указанных выше параметров. Задавая одну из величин δ или Δ , получаем квадратное уравнение относительно другой. Физический смысл имеет одно из решений. Данный алгоритм реализован в среде Matcad.

Из анализа полученного решения можно сделать следующие выводы: на боковую поверхность стеклоэлемента передаются сжимающие усилия, увеличивающиеся по мере приближения к опорной контактной поверхности, и по величине большие приложенного гидростатического давления. Соотношение между максимальными сжимающими напряжениями ($z = H$) и действующими на боковую поверхность вблизи приложенного гидростатического давления ($z = 0$) для заданного светопрозрачного элемента при фиксированных значениях Δ, H, α обжимной шайбы существенно зависит от ее минимальной толщины a . Так, для иллюминатора со стеклоэлементом диаметром 0,095 м и толщиной 0,025 м и обжимной шайбой из органического стекла при $\Delta = 0,01$ мм величина $\beta = 1,408$ при $a = 0,007$ м; при $a = 0,003$ м – $\beta = 2,189$. Величина осевого смещения в последнем случае составит 0,00178 м при $P = 20$ МПа. Если в качестве материала использовать полиэтилен низкого давления с модулем упругости $E = 950$ МПа, то величина осевого смещения при $a = 0,0005$ м и внутреннем диаметре 0,27 м составит 0,0047 м при рабочем давлении 5 МПа. Величина β при этом равна 3,17. Данные значения близки к экспериментальным в первоначальный момент достижения рабочего давления. В дальнейшем величина осевого смещения δ и время восстановления первоначальной формы при прочих равных условиях определяются

параметрами цикла нагружения [5]. Зависимость $\delta(P)$ осевого смещения δ от давления P линейная. Это было отмечено ранее при исследовании конических акриловых иллюминаторов [4] в интервале рабочих давлений при любом угле конусности. Однако значительное увеличение рабочего давления и надежности изделия можно реализовать только при одновременном точном определении параметров обжимной шайбы, податливости обоймы и соотношении между диаметром стеклоэлемента D_1 и световым диаметром иллюминатора d . Так для образцов с $D_1 = 0,120$ м и $d = 0,060$ м при кратковременном воздействии давление нарушения целостности при прочих равных условиях с жесткой обоймой составляет 20 МПа. Для конструкции с оптимальной податливостью с такими же параметрами шайбы давление нарушения равно 60 МПа. При этом характер разрушения одинаковый [3] и потери герметичности конструкции в воде в обоих случаях в первоначальный момент нарушения целостности не были отмечены. В гелиокислородной среде в данном случае наблюдается потеря герметичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров Н.М., Лянзберг В.П. Некоторые общие подходы к проектированию иллюминаторов высокого давления // Морской вестник. – 2017. – №2(62). – С.31–33.
2. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Наука. – 1971. – 576 с.
3. Лянзберг В.П., Шалашилин В.И. Иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска из неорганического стекла // Вестник МАИ. – 2002. – Т.9. – С.51–56.
4. Лянзберг В.П., Шалашилин В.И. Несущая способность конических стеклоэлементов иллюминаторов из акрила с учетом объемной потери устойчивости // Механика твердого тела/РАН. – 2002. – №3. – С.164–179.
5. Лянзберг В.П. Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления // Вестник МАИ. – 2003. – Т.10. – С.71–79. ■

Электросварка во многих отраслях современной промышленности занимает одно из важнейших мест. В кораблестроении удельный объем сварочных работ является одним из самых больших. На изготовление корпусных конструкций – узлов, секций, блок-секций и корпуса корабля в целом – расходуется примерно 28 % общей трудоемкости постройки, из которых сварочные работы занимают приблизительно 60 %. Семь процентов массы корпуса корабля – это сварные швы, т. е. его четырнадцатая часть формируется из капель расплавленного металла.

Современный корабль представляет собой сложнейшее инженерное сооружение, его корпус изготавливается из различных марок специальных высокопрочных сталей больших толщин. Сварку корпусных конструкций ведут сотни сварщиков в разных производственных условиях: в эллингах и на открытых стапелях, у достроечных набережных, в трюмах, цистернах и других труднодоступных местах, в различных пространственных положениях. От качества сварных швов во многом зависит боевая устойчивость корабля. Поэтому объемы контроля качества сварных соединений – самые максимальные, практически, как говорят корабельщики, по принципу «что нашел, то и бракую». А критерии оценки качества – самые жесткие. В связи с этим перед корабельщиками-сварщиками постоянно стоит проблема выбора сварочных материалов и технологии сварки, позволяющих достичь требуемого качества металла шва и равнопрочность сварного соединения. Этот выбор должен сопровождаться максимальной производительностью и механизацией процесса сварки, обеспечивающих значительное повышение эффективности использования дорогостоящего оборудования и без привлечения дополнительных рабочих ресурсов.

Традиционными способами сварки в условиях стапеля являются ручная дуговая сварка штучными электродами и полуавтоматическая сварка проволокой сплошного сечения. Часть конструкций корпуса корабля сваривается с применением низколегированных сварочных материалов. Технология сварки высокопрочных сталей низколегированными материалами имеет ряд особенностей, основными из которых являются: обязательное применение предварительного, сопутствующего и выравнивающего подогрева основного свариваемого металла, обеспечение в процессе сварки так называемой межпроходной температуры, строгое соблюдение режимов сварки, выполнение сварки блочным методом, применение прокаленных электродов, соблюдение определенной техники раскладки валиков. Несоблюдение данных

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОРАБЛЕСТРОЕНИИ РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ПП-А22/9 (СВ-03Х22Н9АМЗ) В СМЕСИ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

М.А. Будниченко, канд. техн. наук, заслуженный машиностроитель РФ, ген. директор,

Ю.В. Аввакумов, зам. начальника НТУ – гл. сварщик, заслуженный машиностроитель РФ, АО «ПО «Севмаш», контакт. тел. (8184) 504 601

требований приводит к закалке сварного шва и околошовной зоны с образованием неблагоприятных хрупких структур, что, в свою очередь, вызывает образование трещин, отрывов, отколов и разрушение сварной конструкции в целом.

Технология сварки высокопрочных сталей высоколегированными аустенитными материалами требует менее жесткого соблюдения перечисленных выше требований, является достаточным средством обеспечения высокой надежности сварных соединений. Это обусловлено тем, что при любых условиях выполнения сварки аустенитными электродами структура металла сварного шва будет представлять собой «глубокий» аустенит, в процессе охлаждения металла не происходит фазовых превращений, тип структуры – транскристаллитная.

Главная задача достижения высокого качества и надежности сварных соединений – обеспечение хороших свойств металла в зоне термического влияния (ЗТВ). В то же время металл шва, имеющий аустенитную структуру, обладает плохой деформационной способностью, склонен к образованию горячих трещин в сварном шве из-за возникновения в нем высоких растягивающих напряжений, особенно при больших толщинах основного металла, а также из-за наличия остаточных напряжений [2, 3]. Таким образом, возникает необходимость выполнить мероприятия, позволяющие изменить тип кристаллизации, а именно, обеспечить ферритную кристаллизацию. Достичь этого можно, применив сварочные материалы, имеющие в структуре аустенитного металла ферритную фазу. Так, для выполнения корневых валиков соединений из высокопрочных сталей

применяются покрытые электроды марки ЭА-48М/22, в наплавленном металле которых содержится в среднем 10–15 % ферритной фазы. Несмотря на имеющиеся пути предотвращения образования опасного дефекта – горячих трещин, ручная дуговая сварка остается низкопроизводительным процессом: электросварщик за рабочую смену в условиях стапеля расходует не более 5 кг электродов. Кроме того, имеется множество вопросов с изготовлением самих электродов: истощены сырьевые базы получения компонентов, входящих в состав покрытия электродов. Оборудование для производства электродов морально и физически устарело, а отечественных производителей для его замены в России нет. Во многом растерян кадровый состав научно-исследовательских организаций, курирующих электродное производство. Кроме того, имеются сложности с хранением, прокалкой, проведением проверок качества электродов на повышенное содержание влаги в покрытии и, соответственно, водорода, являющегося одной из причин образования трещин.

В целом процесс ручной дуговой сварки штучными покрытыми электродами имеет следующие недостатки:

- низкая производительность;
- достаточно сложная техника выполнения сварки, сварщикам требуется несколько лет для получения квалификации и опыта, чтобы быть допущенными для выполнения сварки ответственных конструкций с обеспечением требуемого качества сварных соединений;
- разбрызгивание расплавленного электродного металла при сварке;
- высокая вероятность образования стартовых пор;

- большие трудозатраты при удалении шлаковой корки с поверхности шва;
- бугристость наплавленных валиков;
- чешуйчатая поверхность шва;
- необходимость подготовки электродов к выполнению сварки (прокалка, просушка, проверка на содержание влаги в покрытии, проверка на содержание диффузионно-подвижного водорода в наплавленном металле).

На фоне перечисленных проблем сварки с применением электродов весьма перспективным и привлекательным благодаря более высокой производительности является применение механизированных способов сварки проволокой сплошного сечения диаметром 1,2 мм в защитных газах и смесях газов. Однако многолетний производственный опыт показал, что механизированный процесс сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения характеризуется многими существенными недостатками, что сдерживает его применение для сварки ответственных конструкций, сварные швы которых подвергаются ультразвуковому или радиографическому контролю. В силу плохой смачиваемости, повышенного разбрызгивания, недостаточной стабильности горения сварочной дуги и других факторов швы, выполненные данным способом, отличаются значительной чешуйчатостью, большими межваликовыми западаниями, наличием трудноудаляемой стекловидной шлаковой корки окислов, в последующем, при недостаточной зачистке поверхности, проявляющейся на рентгеновских пленках в виде зашлаковок, цепочек шлаковых включений.

Установленные жесткие требования к выполнению радиографического контроля многопроходных сварных швов приводят к выявлению многочисленных дефектов и, в конечном счете, к отказу электросварщиков от этого процесса сварки для ответственных сварных соединений. Попытки использовать более современные сварочные источники питания с управляемым каплепереносом, блокированием бросков тока короткого замыкания дуги и другие опробованные мероприятия в целом не привели к заметному улучшению стабильности горения дуги, улучшению смачиваемости.

Эффективным направлением совершенствования процесса полуавтоматической сварки в среде защитных газов является всестороннее применение для сварки в газах порошковых проволок как некоего нового продукта взамен проволок сплошного сечения [4]. Это принципиально меняет процесс сварки, делая его хорошо смачиваемым, стабильным, с бесчешуйчатыми валика-

ми, с хорошей отделимостью шлаковой корки.

Большой прогресс, который произошел в промышленности за последние годы в области металлургии, прокатки и термообработки металлов, контроля сплошности материалов, металловедении и других отраслях, позволил производить в промышленных объемах супертонкие стальные ленты, в том числе из материалов со сложными двух- или трехфазными аустенитно-ферритными структурами. На базе этих лент удалось разработать целый комплекс технологий и необходимую гамму оборудования для изготовления нового вида материалов – проволок-трубок малого диаметра (1,2 мм), внутри которых находится комплекс из четырех–шести порошковых компонентов (минералы, ферросплавы) для обеспечения получения требуемых свойств сварочной дуги, достижения улучшенных качеств формирования сварных швов, а также обеспечения намотки проволоки с рядной укладкой в кассеты. Такие материалы получили условное название «порошковые проволоки».

Для наглядного восприятия данного типа проволоки, сложности технологического процесса ее изготовления, достаточно представить швейную иглу с порошком внутри, поскольку диаметр применяемой порошковой проволоки составляет всего лишь 1,2 мм.

Порошковые сварочные проволоки производят двух типов: беззамковые (низколегированные проволоки), у которых вдоль образующей поверхности проволоки выполняется сварной шов, поэтому проволоки герметичны, и замковые (высоколегированные проволоки), у которых замыкание поверхности обеспечивается механически сформированным замком.

В АО «ПО «Севмаш» проведены исследования типов порошковых проволок по параметру «замок» с целью определения влияния типа замков на влагонасыщенность шихты внутри проволоки [1]. Установлено, что важнейшим фактором, определяющим качество замковой порошковой проволоки, является технология выполнения замка, которая, в свою очередь, определяется используемым оборудованием. Замок на проволоке ПП-А22/9 (рис. 1, а) выполнен массивным и достаточно слитным с поверхностью оболочки за счет большой длины ленты и качества обжатия. Это определяет минимальное количество влаги, которое попадает внутрь и повышенную наплавку по сравнению с порошковыми проволоками, где качество замка другое (рис. 1, б и в). В случае попадания влаги на поверхность проволоки в течение незначительного

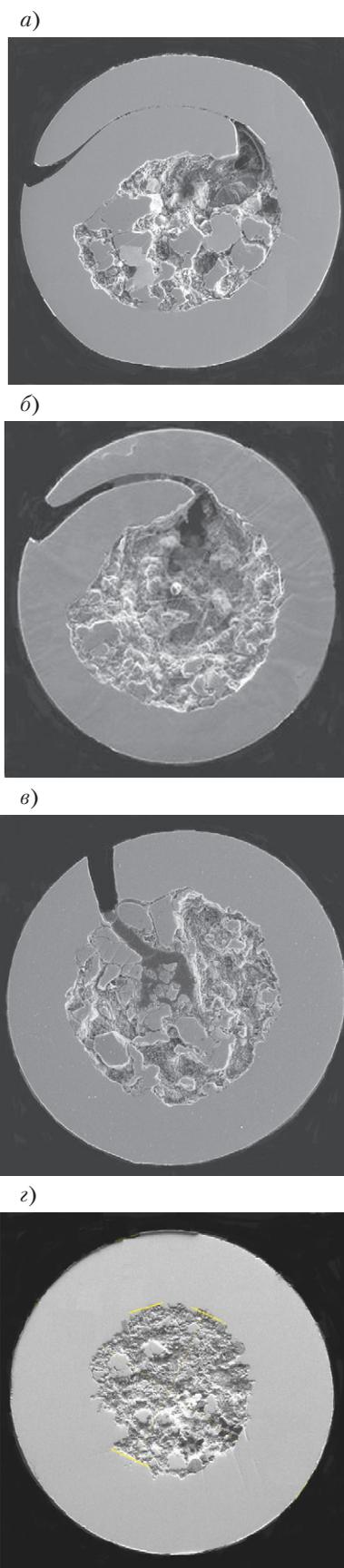


Рис. 1. Приведены поперечные сечения порошковых проволок с различным типом «замка» (места соединения ленты-оболочки): а – хороший замок внахлест; б – плохой замок внахлест; в – плохой замок без нахлеста; г – беззамковая трубчатая проволока Масштаб ~ 50: 1

времени (1 секунда) это никак не отражается на формировании сварного шва (рис. 2, а). В случае изготовления проволоки с менее герметичным замком количество влаги в гигроскопичной шихте, при попадании кассеты с проволокой во влажную среду на незначительное время (1 секунду) более чем в 10 раз увеличивается влажность шихты, что выражается позднее в неудовлетворительном формировании валиков (рис. 2, б, поверхностный дефект – «червяки»).

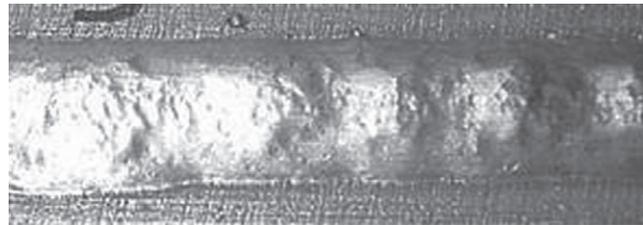
Главная опасность влаги – в том, что она – основной поставщик водорода в сварочную ванну. А повышение его количества и последующая диффузия часто приводят к трещинообразованию в сварных соединениях конструкций из специальных сталей. Влияние растворенного водорода на механические и другие свойства сварного шва в сварных соединениях с ферритно-перлитной структурой – негативное и достаточно хорошо описано в технической литературе. В чисто аустенитных структурах сварного шва характер влияния водорода вызывает дискуссии специалистов [2]. Однако в случае аустенитно-ферритных порошковых проволок, таких как ПП-А22/9, наличие водорода в металле шва, по нашему мнению, является недопустимым фактором, поскольку содержание ферритной фазы в металле шва достаточно велико (более 15–20%). Оно определяется режимами сварки, толщиной основного металла, скоростью охлаждения металла шва. И при наличии трещин, надрывов в ферритной фазе в последующем, после некоторого срока эксплуатации при реальном нагружении конструкции, может образоваться множество микротрещин и микронадрывов в теле шва со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.

Поэтому такое внимание уделяется качеству замка на поверхности проволоки как фактору, способствующему минимизации риска попадания влаги внутрь порошковой проволоки.

Главной задачей при разработке порошковой проволоки является необходимость выполнения одновременно нескольких противоречивых условий, без которых невозможно добиться значительного улучшения процесса сварки.

С одной стороны, необходимо подобрать такой состав порошка-наполнителя («шихтовки»), чтобы развить окислительно-восстановительный процесс, происходящий в сварочной ванне, улучшить смачиваемость жидкой ванны, добиться правильного соотношения температуры плавления шлака и температуры плавления металла, при которых не происходит блокирования быстро застывающего шлака и еще расплавленного металла сварочной ванны, что неизбежно приводит к появлению

а)



б)



Рис. 2. Вид сварного шва: а – при его выполнении с герметичным замком; б – с менее герметичным замком

выпуклых бугристых валиков с неправильным формированием, особенно в пространственных положениях сварки, отличных от нижнего (горизонтальное, вертикальное). Наиболее это характерно для порошковых проволок с высокой основностью компонентов сердечника проволоки.

С другой стороны, чрезмерное использование большого количества кислых компонентов, например рутила, может привести к значительному загрязнению наплавленного металла кислородом – окислами и включениями оксидов, что может отрицательно сказываться на механических свойствах наплавленного металла. Уменьшение количества рутила приведет к обратному эффекту, загрязненность кислородом металла шва уменьшится, но при этом заметно ухудшится смачиваемость расплавленного металла и его формирование при кристаллизации сварочной ванны.

Необходимо найти и установить «золотую середину», обеспечивающую благоприятный, высокопроизводительный, хорошо смачиваемый процесс сварки с идеальным формированием поверхностности валиков. И в то же время не допус-

тить значительного ухудшения механических свойств наплавленного металла, особенно резкого падения работы удара при низких температурах. В этом и есть искусство и заслуга многих авторов, выполнивших большое количество тонких исследований при разработке новых типов порошковых проволок. Попытки объединить разновекторные требования и тенденции в одно целое не всегда приводят к желаемому результату. Поэтому порошковые проволоки разных авторов – так или иначе отличаются по своим специфическим свойствам и имеют свои особенности.

Помимо этого, большое влияние на сварочно-технологические свойства процесса сварки и механические характеристики сварных соединений имеют технологические процессы изготовления самой порошковой проволоки, которые у разных производителей заметно отличаются по многим технологическим схемам и параметрам производства. Но это – не предмет детального рассмотрения настоящей публикации.

Выбор базовой системы легирования проволоки марки ПП-А22/9 (Св-03Х22 Н9 АМЗ) принят на основании реализации следующих основных

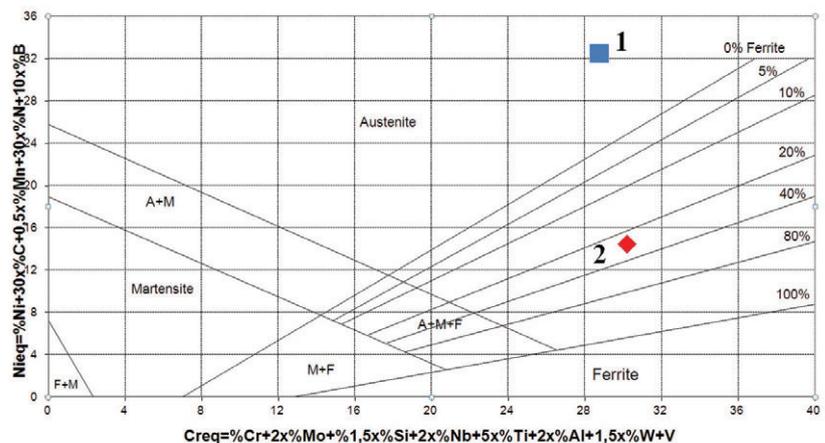


Рис. 3. Диаграмма Шеффлера
1 – электроды ЭА-981/15 аустенитного класса;
2 – порошковая проволока ПП-А22/9 аустенитно-ферритного класса

принципов, теоретические предпосылки которых изложены ниже.

В настоящее время основной проволокой для производства электродов для сварки высокопрочных сталей ответственных конструкций, прежде всего электродов марки ЭА-981/15, является проволока марки Св-09Х16Н25М6АФ, которая относится к разряду высокоаустенитных (рис. 3).

В процессе нагрева, расплавления, кристаллизации и остывания до комнатной температуры у этого сплава не происходит структурных превращений, он сохраняет структуру γ -железа, т. е. аустенитную структуру во всех температурных интервалах нагрева и остывания. В связи с этим в структуре валиков сварных соединений формируется транскристаллическая дендритная столбчатая структура аустенитных зерен (рис. 4), которая характеризуется низкой сопротивляемостью растягивающим напряжениям, формирующимся в процессе сварки толстолистовых крупногабаритных конструкций.

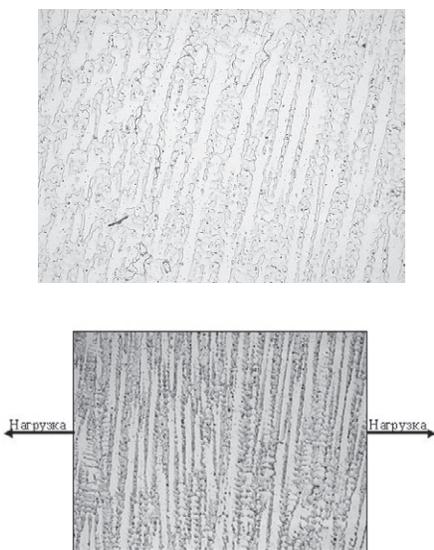


Рис. 4. Микроструктура металла сварного шва, выполненного аустенитными материалами. Дендритная структура аустенитного типа

Большой уровень растягивающих напряжений неблагоприятно сказывается на сопротивлении металла шва против образования «горячих» трещин – надрывов, что накладывает существенные ограничения на режимы сварки и технологию выполнения работ. А при автоматической сварке под слоем флюса глубокоаустенитными материалами практически невозможно получать швы без горячих трещин, если не накладываются значительные ограничения на режимы сварки.

Главной целью предложенного нового состава сварочного материала марки 03Х22Н9АМЗ стал выбор такого состава его легирования, который позволил бы

изменить тип кристаллизации сварочной ванны с аустенитной на ферритную.

При ферритной кристаллизации в процессе остывания происходит образование ферритных первичных зерен, а в процессе остывания внутри ферритных зерен – последовательные выделения аустенитных участков. Так образуется благоприятная двухфазная аустенитно-ферритная структура (рис. 5) повышенной сопротивляемости силовым напряжениям, возникающим при изготовлении толстолистовых объемных секций кораблей ответственного назначения. Причем соотношение процента аустенита и феррита можно несколько регулировать, если контролировать скорость остывания металла шва, что и определяется разрабатываемой технологией. Это позволяет значительно повысить прочностные характеристики металла шва, сохраняя при этом простоту технологии сварки из-за еще небольших содержаний ферритной фазы, склонной к подкалке.

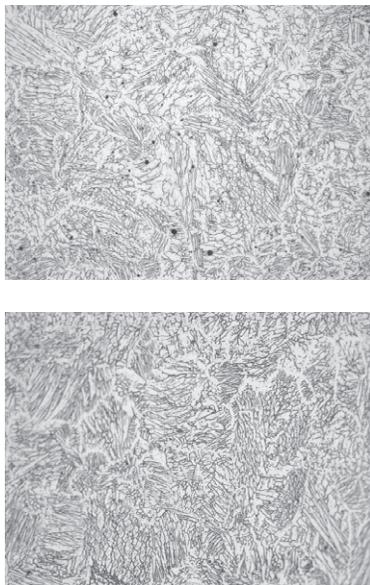


Рис. 5. Микроструктура металла сварного шва, выполненного аустенитно-ферритными материалами. Ферритные зерна с внутризеренными выделениями аустенита

Еще одной целью выбора состава предложенной марки было снижение содержания дорогостоящего химического элемента – никеля, который по сравнению с электродами ЭА-981/15 снижен с 25 до 9 % в проволоке ПП-А22/9. Учитывая, что никель – это стабилизатор аустенитной структуры, было предложено его снижение заменить на несколько повышенное содержание азота – до 0,08–0,20 %, который исполняет роль стабилизатора аустенита и также благоприятно влияет на повышение прочностных характеристик металла шва, особенно предела текучести, по которому ведутся все

расчеты прочности. Помимо того, азот очень благоприятно влияет на уменьшение степени образования мартенсита при холодном деформировании указанных составов в процессе формирования и волочения ленты и проволоки, что исключает трещины и разрывы при изготовлении порошковой проволоки. Также очень благоприятна роль азота с точки зрения активного нитридообразователя, так как включения нитридов в металле шва способствуют измельчению зерна растущих кристаллов металла шва при кристаллизации сварочной ванны, что значительно повышает технологическую прочность и работоспособность сварных соединений больших толщин. Содержание хрома также увеличено для повышения прочности металла шва.

Важно отметить, что открывается возможность получения различных составов металла шва при изменении схемы легирования через сердечник (порошок-наполнитель) порошковой проволоки, поскольку в судостроении много похожих марок сварочных проволок, но объем применения каждой из них невелик. Для реализации этого в стране необходимо иметь полный цикл собственного производства порошковой проволоки, высококвалифицированные научные и инженерные кадры.

При разработке технологии механизированной сварки высокопрочной стали порошковой проволокой ПП-А22/9 в смеси защитных газов, проведении межведомственных испытаний сварных соединений в АО «ПО «Севмаш» были выполнены сварка, испытания, исследования сварных проб для определения механических свойств и работы удара наплавленного металла, а также механических свойств и работы удара металла шва, работы удара по линии сплавления и зоны термического влияния, твердости по различным зонам сварных соединений (металла шва, зоны термического влияния и основного металла), волокнистой составляющей в изломе металла шва, склонности сварного соединения к трещинообразованию, химического состава металла шва, прочности сварных соединений при статической нагрузке, работоспособности сварных соединений при малоцикловых нагрузках (рис. 6, а), циклическом двухосном изгибе и перекрестных стыковых сварных соединений при циклическом изгибе в морской воде, динамической прочности сварных соединений (рис. 6, б), коррозионно-механической прочности сварных соединений и др. Перечисленные испытания и исследования проводились впервые за многие годы, в том числе специальные

нетрадиционные, такие как испытания на CTOD.

а)



б)



Рис. 6. Образец для определения работоспособности сварных соединений при малоцикловых нагрузках (а) и образец для определения динамической прочности сварных соединений (б)

В содружестве с НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП «Крыловский ГНЦ», АО «ЦКБ МТ «Рубин», АО «СПМБМ «Малахит», 1 ЦНИИ МО РФ проведены комплексные всесторонние исследования и испытания сварных швов, выполненных по этой технологии.

Результаты всех испытаний показали полное соответствие требованиям, предъявляемым к сварным соединениям ответственных конструкций, подтвердили, что обеспечивается требуемая работоспособность сварных соединений из высокопрочных сталей и гарантируется отсутствие трещин в сварных соединениях на многочисленных крупногабаритных пробах, прошедших различные натурные нагружения и подвергнутых всевозможным исследованиям по макро- и микропоказателям.

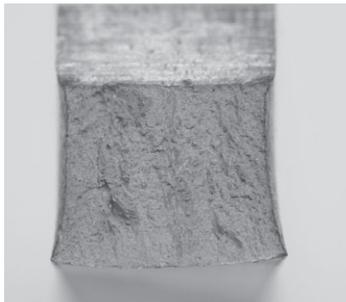
Особо необходимо отметить, что при выполнении механизированной сварки порошковой проволокой марки ПП-А22/9 наплавленный металл, металл сварного шва и металл линии сплавления в соединениях из высокопрочной стали обладают высоким сопротивлением развитию хрупких разрушений при температурах эксплуатации до минус 50 °С включительно, зафиксирован 100%-ный вязкий волокнистый излом различных типов образцов в диапазоне температур от 20 до –50 °С

(рис. 7 и рис. 8). Хрупкий излом во всех случаях отсутствует.



Рис. 7. Волокнистый излом сварного шва, выполненного проволокой ПП-А22/9

а)



б)

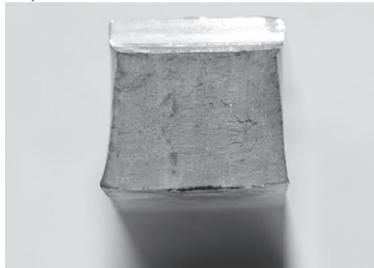


Рис. 8. Волокнистый излом металла сварного шва, выполненного проволокой ПП-А22/9. Образцы на ударный изгиб, испытанные при T = 20 °С (а) и при T = –50 °С (б)

Поскольку ранее порошковая проволока в АО «ПО «Севмаш» для сварки высокопрочных сталей не применялась и разработанная технология являлась новой, специалистами отдела главного сварщика предприятия разработаны дополнительные технологические указания, в которых изложены рекомендации по практическому применению порошковой проволоки ПП-А22/9, а именно: режимы сварки, величина вылета проволоки, расположение горелки, расход защитного газа, проведение проверки качества защиты сварочной ванны, скорость ведения сварки, раскладка валиков и т.д. В целях неукоснительного соблюдения требований технологии сварки были организованы и систематически проводится теоретическое и практическое обучение электросварщиков и всего персонала сварочного производства предприятия особенностям сварки порошковой проволоки ПП-А22/9, их аттестация на допуск к выполнению работ по сварке высокопрочных сталей.

Параллельно с разработкой новой технологии сварки специалистами по неразрушающему контролю АО «ПО «Севмаш» разработаны новые оригинальные методики ультразвукового и радиографического контроля двухфазного аустенитного металла сварного шва, определены критерии допустимости дефектов, их размеры и т.п., что являлось технически трудной задачей. Все эти вопросы были успешно решены, и это позволило уверенно контролировать «на всё» сечение многопроходные швы значительной толщины и гарантировать высокую надежность выявления возможных дефектов, которые могут образоваться в процессе производства сварочных работ. В последующем все разработанные методики проведения неразрушающих методов контроля получили одобрение отраслевой науки и проектантов.

Принимая во внимание то, что наплавленный металл, выполненный порошковой проволокой ПП-А22/9, может содержать до 30–45 % ферритной фазы, проведены дополнительные специальные исследования околошовной зоны сварных соединений, выполненных данной проволокой. Эта зона оказалась недостаточно исследована с точки зрения структуры, свойств металла шва и основного металла в зоне термического влияния от процесса сварочного нагрева и перемешивания разнородных материалов. Также специалистами АО «ПО «Севмаш» проведены исследования по определению критической температуры перехода в хрупкое состояние металла, выполненного порошковой проволокой марки ПП-А22/9 в различных защитных средах, а также сравнительные исследования свойств сварных соединений, выполненных полуавтоматической сваркой порошковой проволокой марки ПП-А22/9 с соблюдением различных термических циклов, углубленные исследования по определению влияния хрома и никеля на стабильность аустенита и температуру мартенситного превращения металла линии сплавления сварных соединений и другие.

Кроме того, специалистами научно-исследовательского, технологического и испытательного центра (НИТИЦ) АО «ПО «Севмаш» освоены «тонкие» технологии исследований:

- а) ленты и порошка-наполнителя порошковых проволок:
- электронно-микроскопические исследования поверхности проволоки;
 - построение карт распределения элементов в рентгеновских лучах на поверхности порошкового наполнителя;
 - рентгеновский элементный микроанализ металлической оболочки и порошкового наполнителя;

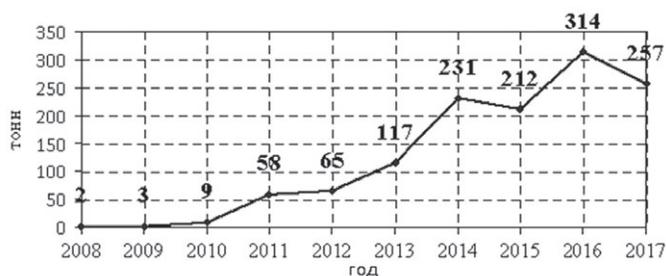


Рис. 9. Темпы роста применения проволоки ПП-А22/9

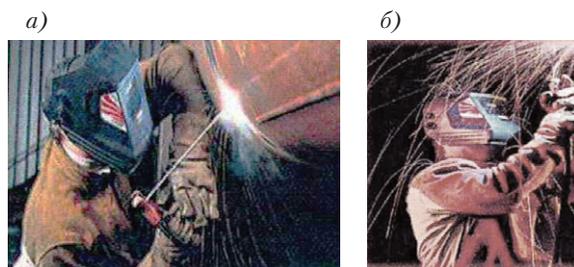


Рис. 10. Механизированная сварка порошковой проволокой (а) и ручная дуговая сварка покрытыми электродами (б)

- рентгеноструктурный фазовый анализ порошкового наполнителя.
- б) наплавленного металла, металла сварных швов и околошовной зоны;
- определение засоренности неметаллическими включениями;
- исследование изломов образцов;
- определение содержания ферритной фазы в наплавленном металле и металле шва различными методами (объемный, локальный, рентгеноструктурный).

Применение порошковой проволоки в АО «ПО «Севмаш» за последнее десятилетие идет нарастающим темпом (рис. 9).

Выполненные расчеты экономической эффективности показывают, что при замене ручной сварки на полуавтоматическую сварку порошковой проволокой время, необходимое на сварку 1 т конструкции, снижается с 158 до 62 часов (табл. 1, рис. 10 и рис. 11). То есть прямая экономия времени сварки 1 т конструкций достигает 100 часов. При формировании корпуса одного корабля из крупногабаритных секций снижение трудозатрат достигает не менее 150 тыс. часов.

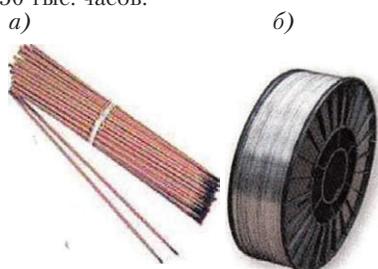


Рис. 11. Вид покрытых электродов (а) и порошковой проволоки (б)

Принимая во внимание, что объем наплавленного металла, выполненного вручную штучными электродами одним сварщиком в смену, составляет 5,2 кг становятся очевидными преимущества применения полуавтоматической сварки порошковой проволокой, при которой объем наплавленного металла за смену вырастает в среднем до 13,2 кг, что дает реальное увеличение производительности труда более чем в 2,5 раза.

Технико-экономические показатели применения проволоки ПП-А22/9

Показатель	Порошковая проволока марки ПП-А 22/9	Покрытые электроды для ручной дуговой сварки
Коэффициент перехода от веса сварочного материала к наплавленному металлу	1,25, из 100 кг проволоки выходит 80 кг наплавленного металла	1,8, из 100 кг электродов выходит 55 кг наплавленного металла
Потери дорогостоящего материала (угар, разбрызгивание)	Незначительны	Значительны
Время необходимое для сварки 1 т конструкции, ч	62	158
Среднее количество наплавленного металла сварщиком за 1 смену, кг	13,2	5,2
Затраты на зачистку поверхности сварного шва	Незначительны, благодаря гладкой и чистой поверхности шва	Значительны, из-за больших чешуек на шве и разбрызгивания металла
Затраты на подготовку сварщиков к сварке данным сварочным материалом	Незначительны, более простая техника выполнения сварки	Значительны, требуется высокая квалификация сварщиков
Качество сварных соединений	Обеспечивается, (процент брака менее 0,7%)	Обеспечивается, требуется высокая квалификации сварщиков (среднее значение брака – 0,7–1,5 %)

Достигнутый высокий рост производительности труда при выполнении механизированной сварки с использованием порошковой проволоки ПП-А22/9 дал возможность выполнить большой объем работ без дополнительного набора 260 человек электросварщиков. Удалось снизить влияние человеческого фактора на качество продукции, так как выполнение сварки порошковой проволокой не требует такой высокой квалификации сварщиков, как при выполнении ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Таким образом, разработанная технология механизированной сварки экономнолегированной порошковой проволокой марки ПП-А22/9 в смеси защитных газов является оптимальной, не требует выполнения целого ряда энергоемких подготовительных технологических операций, сокращает затраты непроизводительного труда, повышает качество и надежность ответственных изделий и конструкций. Технология одобрена ведущими научно-исследовательскими организациями кораблестроения и успешно применяется для сварки широкого спектра толщин корпусных конструкций ко-

раблей из высокопрочных материалов, что подтверждено многочисленными специальными испытаниями крупногабаритных натуральных сварных соединений, а также реальной морской практикой эксплуатации кораблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карасёв М. В., Авакумов Ю. В., Сурин С. Ю., Калинин М. М. Некоторые особенности производства и применения порошковых проволок различного типа для сварки // Сварка и диагностика. – 2016. – № 5. – С. 44.
2. Литпольд Д., Котеки Д. Металлургия сварки и свариваемость нержавеющей сталей. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2011.
3. Карасёв М. В., Работинский Д. Н., Калинин М. М. Разработки группы ИТС в области производства порошковых проволок для сварки в защитных газах. – Сб. «Сварочные материалы–2015. Петербургские чтения». Докл. 3-й Санкт-Петербургской международ. конфер., 15–17 октября 2015, ФГУП КМ «Прометей», с. 22–32.
4. Петров Г. Л., Земзин В. Н., Гонсеровский Ф. Г. Сварка жаропрочных нержавеющей сталей. – М.: Машгиз, 1963. ■

В связи с разработкой инженерами ЗАО «ЦНИИ СМ» спуско-подъемного устройства для буксируемой части гидроакустической станции с гибкой протяженной буксируемой антенной было внесено техническое предложение создать запирающее судовую дверцу устройство на основе пространственного шарнирного механизма. Данное предложение вызвано тем, что необходимые при эксплуатации спуско-подъемного устройства элементы расположены близко к дверце и мешают ее свободному открытию.

В процессе подготовки буксируемой части станции к эксплуатации необходимо откинуть вниз роульс настенный откидной, находящийся на переборке, из рабочего положения в положение по-походному, чтобы он не мешал свободному открытию судовой дверцы для прохождения в ее проеме элементов буксируемой части станции (рис. 1).

Для упрощения конструкции роульса настенного откидного, а также уменьшения трудоёмкости подготовительных операций по освобождению проёма дверцы и элементов крепления предлагается применить специальное запирающее устройство.

Изучив схожие по принципу действия и назначению конструкции различных исполнительных механизмов [5–8], а также другие работы более раннего времени написания, не было обнаружено приспособлений, пригодных для решения данной проблемы. В результате исследования способов конструирования механизмов для воспроизведения нелинейных кинематических движений [2, 3, 10, 11], было принято решение сконструировать приспособление для закрытия судовой дверцы на основе пространственного шарнирного механизма Беннетта [1] (рис. 2). В его кинематической цепи геометрические оси вращательных кинематических пар A, B, C и D не параллельны и не пересекаются между собой, противоположные звенья $AB-DC$ и $BC-AD$ одинаковы по длине, геометрические оси противоположных кинематических пар развернуты относительно друг друга на равные углы α и β . При этом удовлетворяется пропорция

$$\frac{AB(DC)}{\sin \alpha} = \pm \frac{BC(AD)}{\sin \beta}, \quad (2)$$

где AB, BC, DC и AD – длины звеньев; α и β – углы поворота осей шарниров.

На основе кинематической цепи для пространственного шарнирного механизма Беннетта и размерной схемы относительного расположения дверцы и роульсов был выполнен подбор углов поворота шарниров и длин звеньев, необходимых для осуществления требуемого движения [4, 13, 14]. Составлена схемно-конструктивная модель устройства для закрытия судовой дверцы.

МОДЕЛЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЫТИЯ СУДОВОЙ КРЫШКИ (ДВЕРЦЫ) С ПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА

М. А. Александров, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор,
Н. А. Грибенюк, инженер-конструктор 2-й категории,
ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1051, +7(911) 260 4936

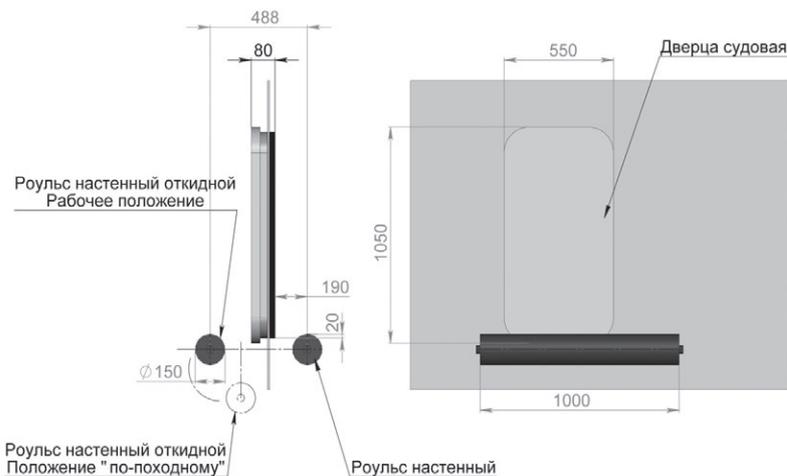


Рис. 1. Схема относительного положения дверцы судовой и роульсов на заказе

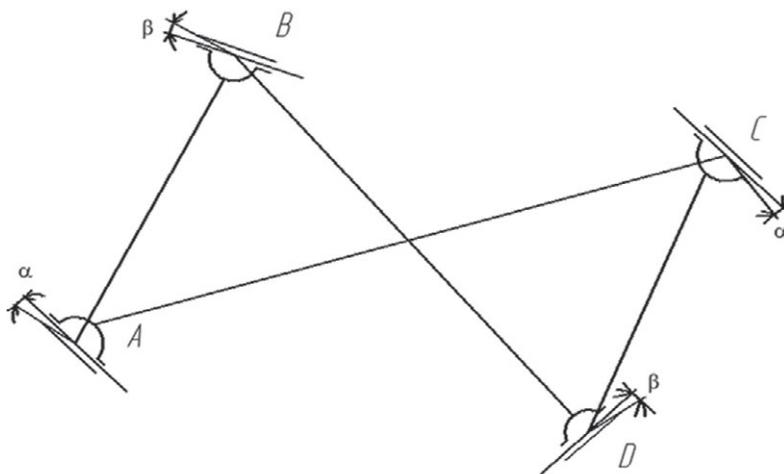


Рис. 2. Кинематическая схема механизма Беннетта

Для расчета кинематических параметров механизма была составлена его кинематическая схема (рис. 3), на которой отражены основные геометрические характеристики модели.

В результате подбора определяющих геометрию механизма размеров имеем длины звеньев $L_1 = L_3 = 125$ мм, $L_2 = L_4 = 200$ мм, углы разворота шарниров $\alpha_1 = \alpha_3 = 16^\circ$, $\alpha_2 = 26^\circ$. В качестве начальных условий задано вращение входного звена с постоянной скоростью $\omega_1 = \text{const} = 1$ об/мин.

Для расчета кинематических параметров механизма и построения графиков перемещения его звеньев применим формулы, выведенные в статье [2] учеными М. Г. Яруллиным и М. Р. Мингазовым, которые провели подробное исследование кинематики механизма Беннетта и получили ряд формул, применяемых для расчета траектории движения крайних точек механизмов на основе схемы Беннетта.

Выполним расчет траектории дви-

жения характерной точки C согласно формулам

$$X_c = -L_1 \cdot \sin \varphi + L_2 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \varphi - L_2 \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi; \quad (3)$$

$$Y_c = -L_1 \cdot \cos \varphi + L_2 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin \varphi + L_2 \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varphi; \quad (4)$$

$$Z_c = -L_2 \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha_1, \quad (5)$$

где $\sin \gamma = \frac{\sin \varphi \cdot K_3}{K_1 - \cos \varphi \cdot K_2}; \quad (6)$

$$\cos \gamma = \frac{\sin \varphi \cdot K_1 - K_2}{K_1 - \cos \varphi \cdot K_2}. \quad (7)$$

$$K_1 = l_2^2 \cdot \cos \alpha_1 + l_1^2 \cdot \cos \alpha_2, \quad (8)$$

$$K_2 = l_1 \cdot l_2 \cdot (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2), \quad (9)$$

$$K_3 = l_2^2 - l_1^2. \quad (10)$$

По результатам расчетов были построены графики (рис. 4) для определения перемещения характерной точки C в пространстве. Кинематический анализ схемно-конструктивной модели механизма показал, что его геометрические параметры позволяют обеспечить необходимую для запираения судовой дверцы траекторию выходного звена.

Исходя из результатов кинематического анализа, очевидно, что для перемещения судовой дверцы из начального закрытого положения в открытое механизму необходимо совершить поворот на 120° . Так как надо выполнить всего лишь один неполный поворот механизма, нет смысла применять электродвигатель. Предполагается возможным применить актуатор фирмы HIWIN серии LAS [15], который способен передать необходимое высокоточное вращательное движение механизму с помощью вспомогательных деталей в виде дисков. Двигатели этой серии имеют исполнение с высокой пылевлагозащитой IP66, что делает возможным их применение на открытых палубах корабля.

Согласно геометрическим характеристикам, определенным выше, была спроектирована 3D-модель механизма (рис. 5), представляющая собой четыре попарно одинаковых звена 1, 2, соединённых между собой в двух местах осью 4, ведущее звено закреплено на шарнирной опоре 3. Таким образом, в составе механизма имеются один сферический и три цилиндрических шарнира.

Была составлена схема расположения элементов механизма перемещения дверцы судовой (рис. 6). На дверце судовой 1 устанавливаются два шарнирных механизма 2, которые соединяются с поворотной осью 5 с помощью фланцев 3. Поворотные оси крепятся к стене кронштейнами 4 и приводятся в движение с помощью линейного актуатора 6, который прикреплен к оси с помощью фланцев 8, а также к стене – с помощью кронштейна 7, оси 9 и втулки 10.

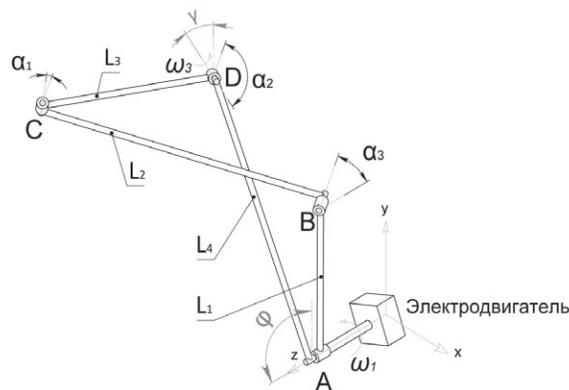
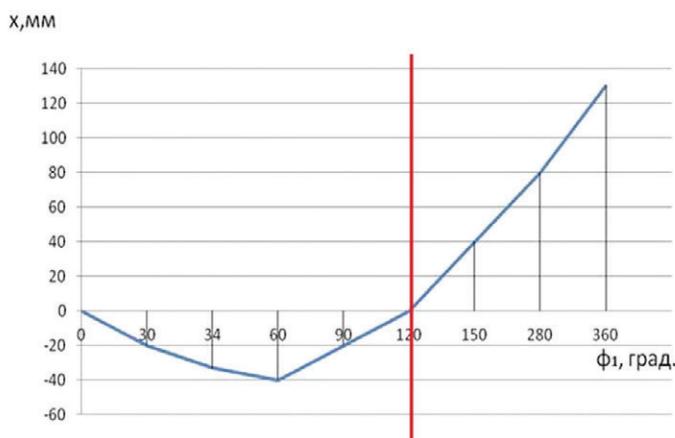
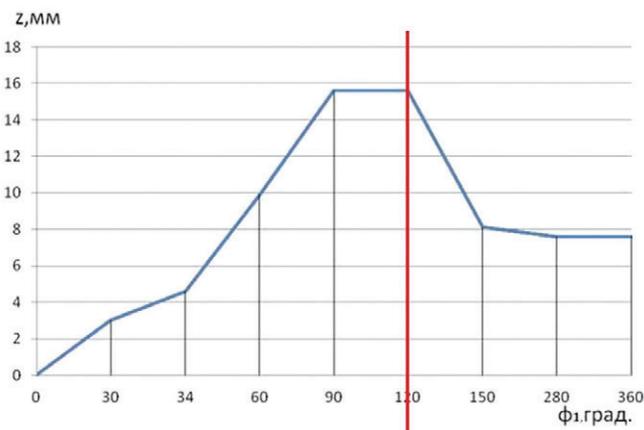


Рис. 3. Кинематическая модель привода для закрытия судовой дверцы
 L_1, L_2, L_3, L_4 – длины звеньев AB, BC, CD, AD ; φ – угол поворота ведущего звена; ω_1 – угловая скорость ведущего звена; ω_3 – угловая скорость поворота выходного звена; γ – угол поворота выходного звена; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – углы поворота шарниров

a)



б)



в)

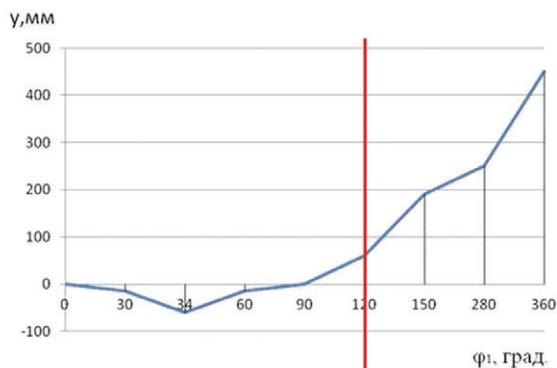


Рис. 4. Перемещение выходного звена: а – по оси X, б – по оси Y, в – по оси Z

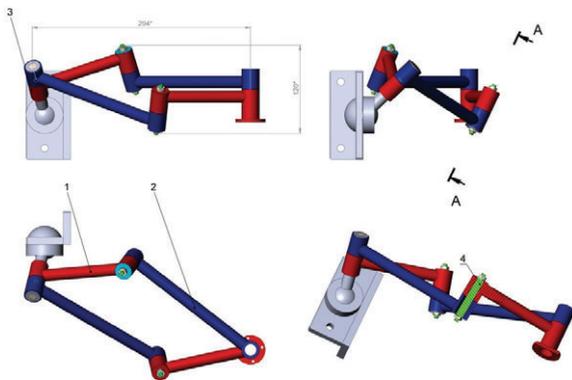


Рис. 5. Объемная модель механизма для перемещения судовой двери
1, 2 – звенья механизма; 3 – шарнирная опора; 4 – ось

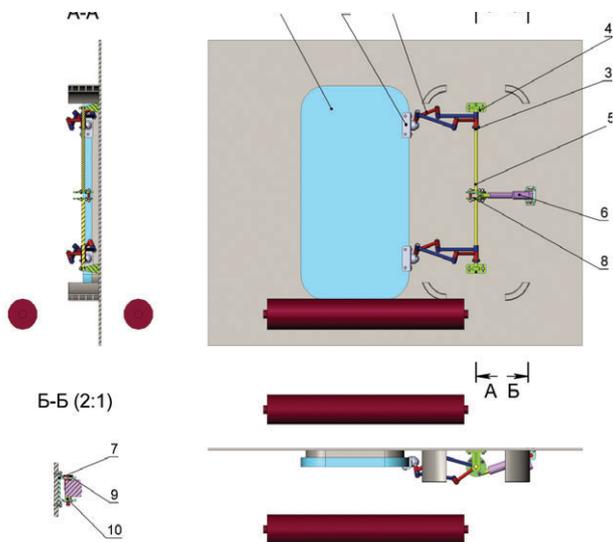


Рис. 6. Схема расположения элементов механизма перемещения двери судовой с механизмом перемещения
1 – дверца судовая; 2 – шарнирный механизм; 3 – фланец; 4 – кронштейн; 5 – ось; 6 – линейный актуатор; 7 – кронштейн; 8 – фланец; 9 – ось; 10 – втулка

В программной среде 3D-моделирования SolidWorks была выполнена анимация работы механизма для проверки работоспособности схемы. Визуализация работы механизма дала наглядное представление о принципе работы механизма, а также подтвердила его работоспособность и соответствие теоретических данных компьютерному эксперименту.

К основным научным и практическим результатам работы следует отнести следующее:

- 1) упрощение процесса подготовки к эксплуатации буксируемой части станции.
- 2) разработка варианта модернизации псевдосферического механизма, который имеет ряд преимуществ относительно известных стандарти-

зированных передач: простота конструкции; воспроизведение сложных траекторий движения.

3) адаптация схемы механизма Беннетта (получение ее схемно-конструктивного варианта) с целью воспроизведения траектории движения, необходимой для перемещения крышки в требуемое положение.

Проработка, изложенная в данной статье, может быть использована при разработке электроприводов открытия-закрытия судовых дверей (крышек).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников Л. Т. Нетрадиционные рассуждения о существовании механизма Беннетта // Теория механизмов и машин. – 2009. – № 1 (13). – С. 5–10. 7.

2. Галиуллин Ш. Р., Марданов Р. Ш. О структуре и кинематике пространственного пятизвенного механизма с вращательными парами // Теория механизмов и машин. – 2011. – № 2. – С. 30–37.
3. Мудров А. Г. Механизм Беннетта и использование его в технике. – Казань: КГСХА, 1999, с. 80.
4. Мингазов М. Р., Яруллин М. Г. Структурный синтез двухподвижного пространственного 5R механизма и элементы следящего управления // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 6. – С. 214–220.
5. Патент 2511471 РФ, МПК⁷ E05D 15/10. Механизм открывания компланарной сдвижной двери / С. В. Амшанников / Заявитель и патентообладатель С. В. Амшанников – 2012136260/12; заявл. 24.08.2012; опубл. 10.04.2014 // БИ, № 10, с. 27.
6. Патент 2487818 РФ, МПК⁷ B64 C 1/14. Механизм сдвига и фиксации фонаря / Карасёв В. В., Семенов О. Г. / Заявитель и патентообладатель ОАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой» – № 2012104551/11; заявл. 09.02.2012; опубл. 20.07.2013 // БИ, № 20, с. 12.
7. Патент 2456227 РФ, МПК⁷ B66 C 23/84. Механизм для поворота стрелы манипулятора / Герасун В. М., Турыгин П. В., Рогачёв А. Ф., Несмиянов И. А. / Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия – 2011104922/11; заявл. 10.02.2011; опубл. 10.07.2012 // БИ, № 20, с. 7.
8. Патент 2263193 РФ, МПК⁷ E05D 15/10. Механизм для перемещения сдвижной двери / Борисенков С. Т., Капцан А. С., Пепёлышев А. Н., Раскин К. А., Ушаков Б. Н. / Заявитель и патентообладатель ЗАО «Управляющая компания КМТ» – 2004121108/12; заявл. 09.07.2004; опубл. 27.10.2005 // БИ, № 30, с. 11.
9. Яруллин М. Г., Мингазов М. Р. Синтез структурных модификаций механизма Беннетта // Тр. КНИТУ, 2013, с. 271–280.
10. Baker E.J. The axodes of the Bennett linkage // Mechanism and Machine Theory. – 2001. – №36. – р. 105–116.
11. Brunthaler K., Schrockner H-P., Husty M. A. New Method for the Synthesis of Bennett Mechanisms/University Innsbruck, Austria. – Proceedings of СК2005, International Workshop on Computational Kinematics. – Cassino, 2005, p. 53–61.
12. Oliveira Jr A.A., Carvalho J. C.M. Modeling of the Bennett's linkage as leg of a mobile robot, 12th IFToMM World Congress, Besancon, 2007, p.1–6.
13. Chen Y., Baker E.J. Using a Bennett linkage as a connector between other Bennett loops // Proc. IMechE. – 2004. – Vol. 219. – P. 177–185.
14. Perez A., McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages // Transactions of the ASME. – 2003. Vol. 125. – P. 98–104.
15. http://www.hiwin.info/images/actuators/pdf/Linear_Actuator_Hiwin.pdf [Электронный ресурс] ■

В судостроении наметилась тенденция строительства судов, оснащенных едиными электроэнергетическими системами (ЕЭЭС) с системами электродвижения, выполненных на основе асинхронных или синхронных гребных электродвигателей (ГЭД). Применение ЕЭЭС на судах позволило улучшить их тактико-технические характеристики, но вместе с тем поставило ряд новых задач, одной из которых стало обеспечение требуемого качества электроэнергии. Причиной тому послужили:

1) гребная электрическая установка (ГЭУ) и общесудовые потребители получают электроэнергию от общей судовой электростанции. При этом ГЭУ является основным потребителем электроэнергии;

2) входящие в состав ГЭУ мощные полупроводниковые преобразователи частоты (ПЧ) являются основными источниками генерации в сеть высших гармоник тока, искажающих форму напряжения судовой сети, что негативно сказывается на работе как источников, так и потребителей, чувствительных к качеству электроэнергии.

Показателем качества электроэнергии, характеризующим несинусоидальность кривой напряжения сети, является коэффициент нелинейных искажений $K_{НИ}$ (в зарубежной литературе обозначается Total Harmonic Distorsion, или THD), который рассчитывается по формуле [5]

$$K_{НИ} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_C} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где U_C – действующее значение напряжения сети; U_n – напряжение гармонической составляющей n -ого порядка; n – порядок высшей гармонической составляющей.

Значение $K_{НИ}$ регламентировано Российским морским регистром судоходства и для судовой электроэнергетической системы не должно превышать 10%. Поэтому на этапе проектирования судов возникает потребность в расчете и проверке соответствия коэффициента нелинейных искажений предъявляемым требованиям. Благодаря развитию компьютерных технологий, базирующихся на современных прикладных программных пакетах, существенно изменились подходы к исследованию сложных электротехнических систем, к которым относятся электроэнергетические системы судов. Для определения величины $K_{НИ}$ в АО «КБ «Вымпел» разработаны имитационные модели ЕЭЭС с различными вариантами ПЧ в составе ГЭУ.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУДОВ

*Д.В. Умяров, начальник отдела электрооборудования,
А.Л. Максимов, инженер-конструктор 3-й категории,
АО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 439 6734*

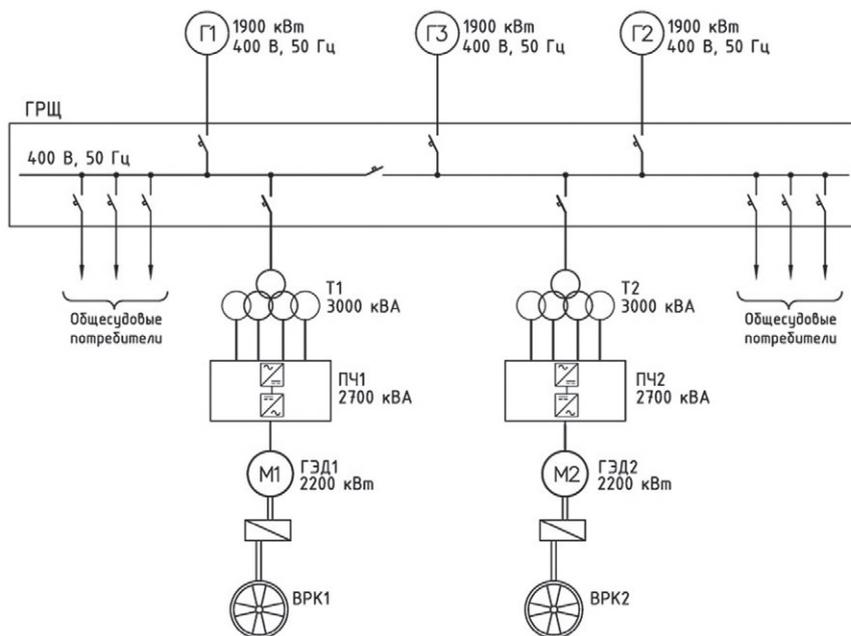


Рис. 1. Структурная схема ЕЭЭС с ГЭУ переменного тока

На рис. 1 в качестве примера представлена структурная схема ЕЭЭС с ГЭУ переменного тока.

Наихудшим режимом с точки зрения искажения формы напряжения судовой сети будет такой режим работы ЕЭЭС, в котором в качестве нагрузки генераторов выступает только ГЭУ. Если в этом режиме значение коэффициента нелинейных искажений не превысит 10%, то во всех остальных режимах искажения будут значительно ниже. Поэтому для упрощения анализа вводятся следующие допущения:

- мощность генератора принимается равной суммарной мощности всех ра-

ботающих в расчетном режиме генераторов ЕЭЭС;

- сопротивления кабелей рассчитываются как при параллельном соединении;
- мощность трансформатора принимается равной суммарной мощности всех трансформаторов ГЭУ в расчетном режиме;
- мощность преобразователя частоты (ПЧ) принимается равной суммарной мощности всех преобразователей частоты ГЭУ в расчетном режиме;
- мощность гребного электродвигателя принимается равной суммарной мощности всех ГЭД в расчетном режиме.

В результате получаем эквивалентную схему ЕЭЭС с ГЭУ (рис. 2).

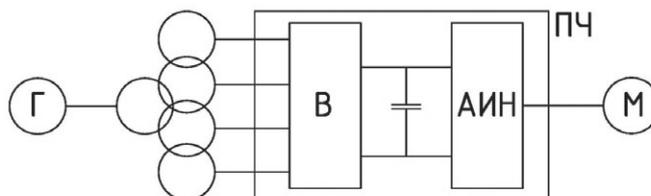


Рис. 2. Эквивалентная схема ЕЭЭС с ГЭУ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ЕЭЭС С ГЭУ

При математическом моделировании элементы эквивалентной схемы удобнее всего представить как электрические машины в ортогональных системах координат d и q с применением в уравнениях относительных единиц. В этом случае элементы эквивалентной схемы могут быть описаны следующими системами уравнений [2, 3]:

– математическая модель синхронного генератора:

$$\left. \begin{aligned} u_{ds} &= i_{ds} r_1 + d\psi_{ds} / dt - \psi_{qs} \omega_r; \\ u_{qs} &= i_{qs} r_1 + d\psi_{qs} / dt + \psi_{ds} \omega_r; \\ u_{dr} &= d\psi_{dr} / dt + i_{dr} r_r; \\ u_{qr} &= d\psi_{qr} / dt + i_{qr} r_r; \\ \psi_{ds} &= i_{ds} x_s / \omega_0 + i_{dr} x_0 / \omega_0; \\ \psi_{qs} &= i_{qs} x_s / \omega_0 + i_{qr} x_0 / \omega_0; \\ \psi_{dr} &= i_{dr} x_r / \omega_0 + i_{ds} x_0 / \omega_0; \\ \psi_{qr} &= i_{qr} x_r / \omega_0 + i_{qs} x_0 / \omega_0; \\ m_e &= 3p x_0 (i_{dr} i_{qs} - i_{ds} i_{qr}) / 2\omega_0, \end{aligned} \right\} (2)$$

где u_{ds}, u_{qs} – напряжение статора в осях d и q ; u_{dr}, u_{qr} – напряжение ротора в осях d и q ; ψ_{ds}, ψ_{qs} – потокосцепление статора в осях d и q ; ψ_{dr}, ψ_{qr} – потокосцепление ротора в осях d и q ; i_{ds}, i_{qs} – ток статора в осях d и q ; i_{dr}, i_{qr} – ток ротора в осях d и q ; ω_0 – синхронная частота; ω_r – частота вращения ротора; p – число пар полюсов; m_e – электромагнитный момент;

– математическая модель пятиобмоточного трансформатора:

$$\left. \begin{aligned} u_{d21} &= k_{T1} u_{d1}; u_{q21} = k_{T1} u_{q1}; \\ u_{21} &= \sqrt{u_{d21}^2 + u_{q21}^2}; \\ u_{d22} &= k_{T2} u_{d1}; u_{q22} = k_{T2} u_{q1}; \\ u_{22} &= \sqrt{u_{d22}^2 + u_{q22}^2}; \\ u_{d23} &= k_{T3} u_{d1}; u_{q23} = k_{T3} u_{q1}; \\ u_{23} &= \sqrt{u_{d23}^2 + u_{q23}^2}; \\ u_{d24} &= k_{T4} u_{d1}; u_{q24} = k_{T4} u_{q1}; \\ u_{24} &= \sqrt{u_{d24}^2 + u_{q24}^2}, \end{aligned} \right\} (3)$$

где u_{d1}, u_{q1} – напряжение первичной обмотки в осях d и q ; u_{d2}, u_{q2} – напряжение вторичной обмотки в осях d и q ; k_T – коэффициент трансформации; u_2 – выходное напряжение трансформатора, в котором индексы 21, 22, 23, 24 обозначают номера вторичных обмоток;

– математическая модель полупроводникового преобразователя частоты со звеном постоянного тока:

$$\left. \begin{aligned} u_{\text{ПТ}} &= \frac{m}{\pi} \sqrt{2} u_2 \sin \frac{\pi}{m}; \\ \alpha &= \overline{f_2}; \\ \omega_2 &= 2\pi f_2; \\ \varphi_2 &= \int_0^t \omega_2 dt; \\ u_{dД} &= \alpha^x u_{\text{ПТ}} \cos \varphi_2; \\ u_{qД} &= \alpha^x u_{\text{ПТ}} \sin \varphi_2. \end{aligned} \right\} (4)$$

где $u_{\text{ПТ}}$ – напряжение звена постоянного тока; m – пульсность выпрямителя; u_2 – входное напряжение ПЧ; $\alpha = \overline{f_2}$ – относительное значение выходной частоты ПЧ; ω_2 – заданное значение частоты вращения ротора двигателя; φ_2 – угол положения вектора выходного напряжения ПЧ в осях d и q ; x – показатель степени при α ; $u_{dД}, u_{qД}$ – напряжение статора двигателя;

– математическая модель гребного электродвигателя:

$$\left. \begin{aligned} d\alpha_1 / dt &= [u \sin(-\alpha) - i_{q1} r_1] / \psi_1 - \omega_0; \\ d\alpha_2 / dt &= -i_{q2} r_2 / \psi_2 - s\omega_0; \\ d\psi_1 / dt &= u \cos(-\alpha) - i_{d1} r_1; \\ d\psi_2 / dt &= -i_{d2} r_2; \\ m_e &= 3p\omega_0 \psi_1 \psi_2 \sin \theta / 2x_{к.з.}; \\ dw / dt &= (m_e - m_n) / J; \\ i_{d1} &= [C_1 \psi_1 - \psi_2 \cos \theta] \omega_0 / x_{к.з.}; \\ i_{d2} &= [C_1 \psi_2 - \psi_1 \cos \theta] \omega_0 / x_{к.з.}; \\ i_{q1} &= \psi_2 \sin \theta \omega_0 / x_{к.з.}; \\ i_{q2} &= -\psi_1 \sin \theta \omega_0 / x_{к.з.}; \\ s &= (\omega_0 - p\omega) / \omega_0; \\ \theta &= \alpha_1 - \alpha_2, \end{aligned} \right\} (5)$$

где s – скольжение; $\psi_1 = N_1 \Phi_1$; $\psi_2 = N_2 \Phi_2$ – потокосцепление статора и ротора; $x_{к.з.}$ – реактивное сопротивление короткого замыкания; J – момент инерции ротора; u – напряжение сети; i_{d1}, i_{q1} – ток статора в осях d и q ; i_{d2}, i_{q2} – ток ротора в осях d и q ; r_1, r_2 – активное сопротивление статора и ротора; α_1 – угол отставания потока статора от базового вектора α_2 ; m_n – момент нагрузки; $C_1 = 1 + x_1 / x_{\mu}$.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЕЭЭС С ГЭУ

На рис. 3 в соответствии с эквивалентной схемой представлена имитационная модель ЕЭЭС с ГЭУ.

Основными элементами силовой схемы модели являются:

- синхронный генератор (блок 1);
- пятиобмоточный трансформатор (блок 2);
- пятиуровневый преобразователь частоты, состоящий:
 - из 24-пульсного диодного выпрямителя с последовательным соединением трехфазных мостов (блоки 3–6);
 - из емкостного фильтра с четырьмя конденсаторами одинаковой емкости (С1 – С4), который также выполняет роль делителя напряжения, тем самым позволяя получать ступени напряжения на выходе инвертора;
 - из пятиуровневого автономного инвертора напряжения с фиксированной нейтральной точкой (блок 7).

– асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (блок 8).

Так как генератор моделируется как источник тока, его работа на индуктивную нагрузку напрямую невозможна. Поэтому в состав модели включена дополнительная нагрузка (блок 9). Внедрение такой нагрузки не оказывает негативного влияния на результаты, поскольку ее можно воспринимать как сторонний потребитель, тем самым приближая имитацию модели к реальным условиям.

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Для удобства и простоты работы с имитационными моделями был разработан графический интерфейс пользователя (рис. 4). Графический интерфейс дает возможность управлять процессом работы модели, задавать параметры блоков силовой схемы, выводить требуемые осциллограммы, а также проводить гармонический анализ системы, не прибегая к работе с самой моделью, что значительно расширяет круг пользователей, которые могут воспользоваться имитационными моделями.

Вкладка «Модель» обеспечивает весь необходимый функционал, связанный с управлением работы модели. Имеется возможность открытия модели прямо из окна интерфейса, запуск модели с возможностью изменения времени моделирования, сохранение модели после внесения изменений и закрытие модели после завершения работы с ней.

Вкладки «Сеть генератора» и «Сеть двигателя» позволяют проводить детальный анализ переходных процессов протекающих в сети генератора и двигателя. Каждая отдельная кнопка отвечает за вывод определенной осциллограммы тока или напряжения, а также график скорости и момента двигателя.

Меню «Блок системы» позволяет переключаться между основными элементами силовой схемы модели. Выбор определенного блока открывает возможность настройки всех необходимых параметров данного элемента модели.

Кнопка «Гармонический анализ» обеспечивает открытие окна для проведения гармонического анализа токов и напряжений как сети генератора, так и сети двигателя, с возможностью расчета коэффициента нелинейных искажений и вывода его в виде гистограммы или таблицы (рис. 5).

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 6 и рис. 7 представлены осциллограмма и гистограмма гар-

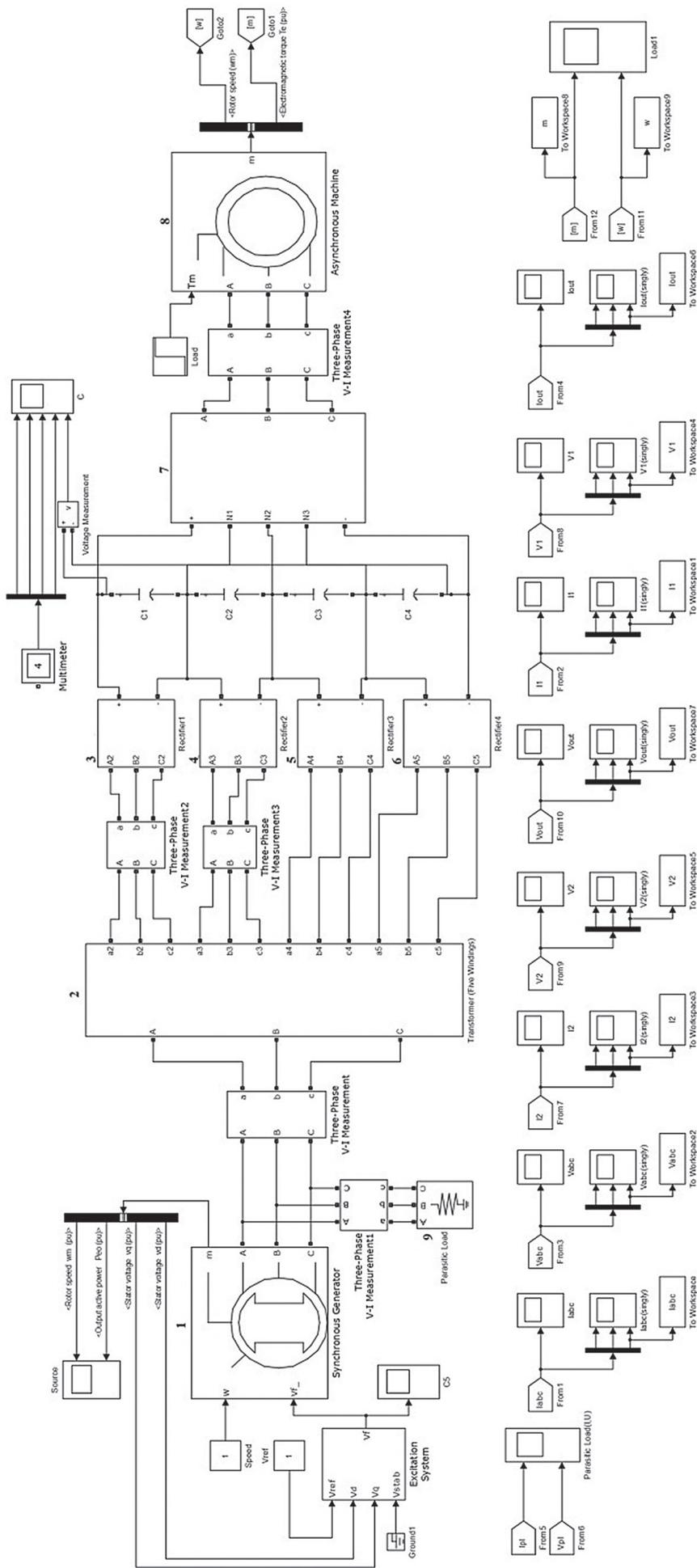


Рис. 3. Имитационная модель ЭЭС с ГЭУ

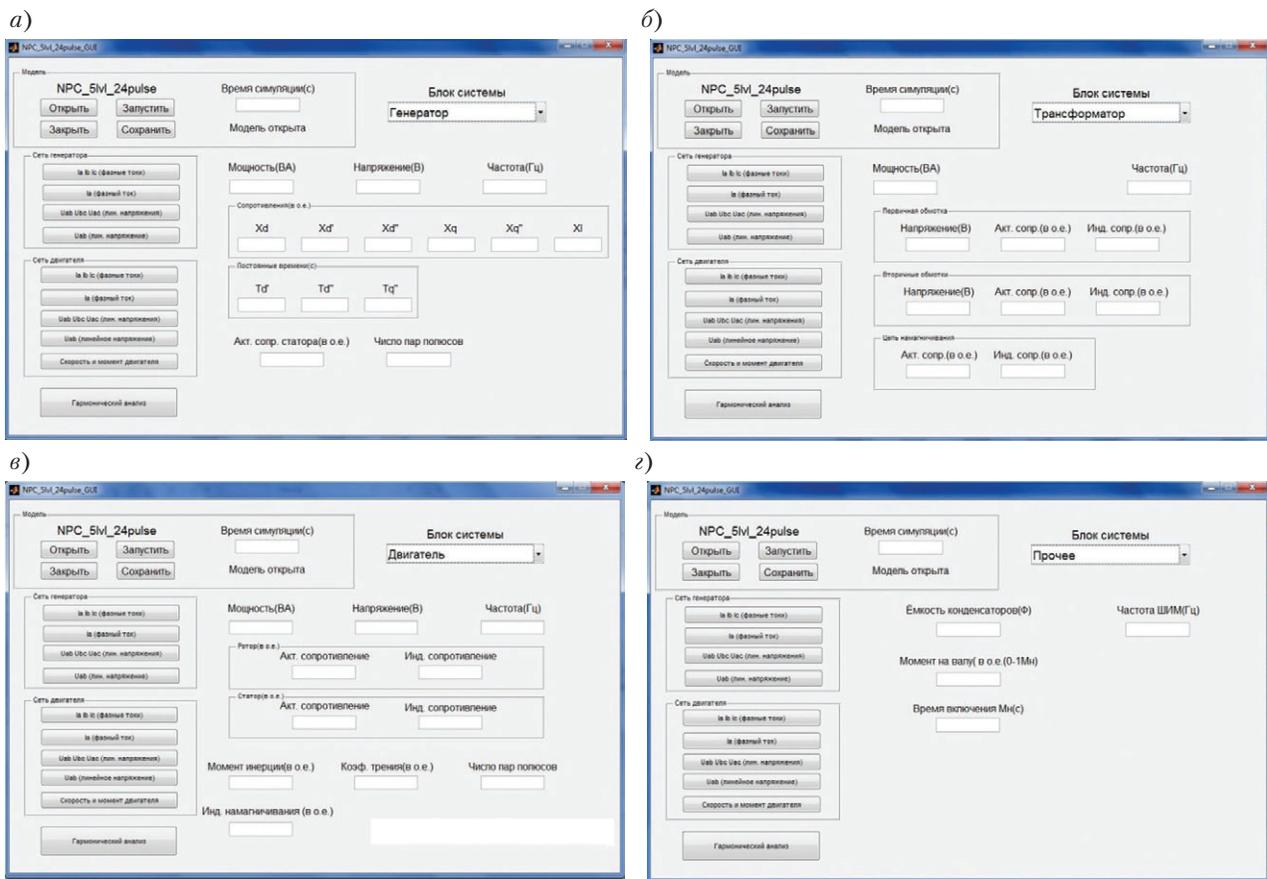


Рис. 4. Графический интерфейс пользователя с окнами для ввода параметров блоков модели: а – генератор; б – трансформатор; в – двигатель; г – дополнительные настройки

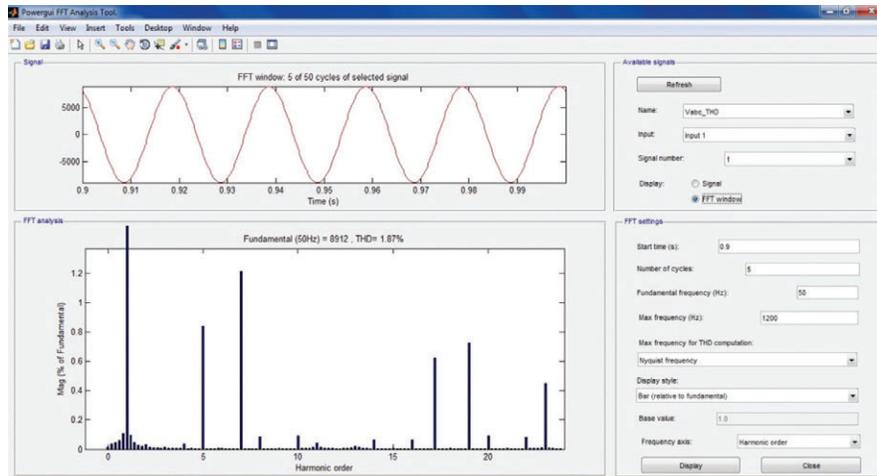


Рис. 5. Графическое окно для проведения гармонического анализа

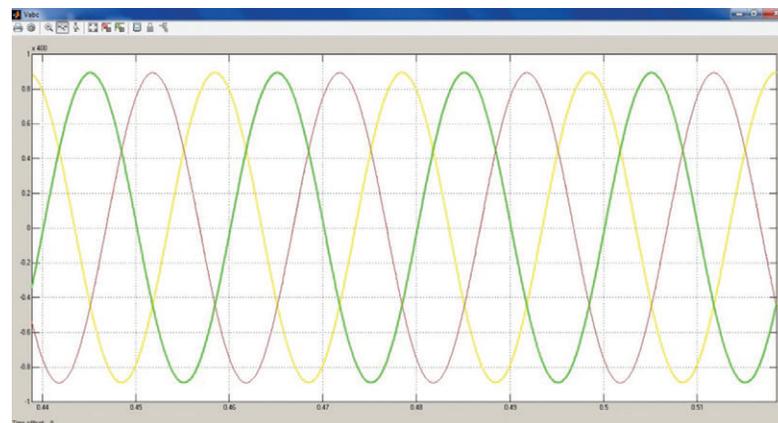


Рис. 6. Осциллограммы напряжения судовой сети

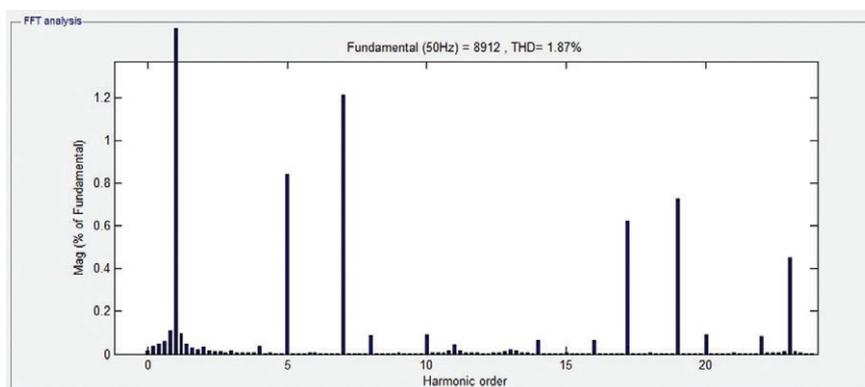


Рис. 7. Гистограмма гармонического анализа напряжения судовой сети

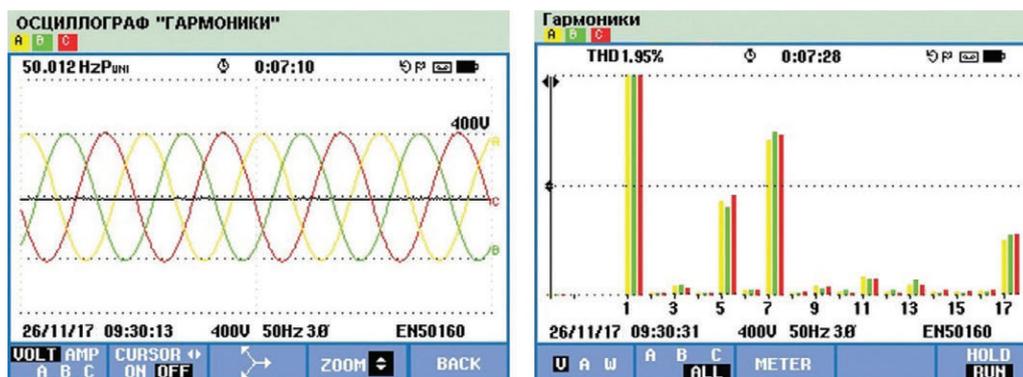


Рис. 8. Осциллограмма и гистограмма гармонического анализа напряжения судовой сети, полученные на экспериментальном стенде

монического анализа напряжения судовой сети приведенной выше модели. На рис. 8 представлены осциллограмма и гистограмма гармонического анализа напряжения судовой сети, полученные на экспериментальном стенде.

Как видно из рисунков, имитационная модель и испытания на стенде показали практически одинаковые значения коэффициента нелинейных искажений: $K_{НИ}=1,87\%$ – модель; $K_{НИ}=1,95\%$ – стенд. Таким образом, разница в значениях составила всего 0,08 %, что говорит о приемлемой точности расчета $K_{НИ}$ имитационной моделью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные АО «КБ «Вымпел» имитационные модели ЕЭЭС с ГЭУ в комбинации с графическими интерфейсами, позволили получить простой и эффективный инструмент, не

требующий от специалистов, использующих его, глубоких знаний программных методов моделирования. Данный инструмент позволяет не только выполнить расчет коэффициента нелинейных искажений в ЕЭЭС с высокой точностью, но и открывает широкие возможности для проведения исследований в области влияния преобразователей частоты, входящих в состав ГЭУ, на качество электроэнергии судовых сетей. Полученные в ходе моделирования результаты позволяют на начальных стадиях проектирования судов разумно подойти к выбору ПЧ в зависимости от требований и ограничений, а также, при необходимости, разработать дополнительные мероприятия для снижения уровня высших гармоник, тем самым решить проблему обеспечения электромагнитной совместимости полупроводниковых преобразователей с остальным электрооборудованием судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герман-Галкин С.Г. MatLab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
2. Егоров Л.Е. Компьютерное моделирование единой высоковольтной судовой электроэнергетической системы с импульсивными комплексами типа Azipod в нормальных и аварийных режимах работы: Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. ФГБОУ ВО «ГУМИРФ им. адмирала С.О. Макарова». – СПб., 2014. – 183 с.
3. Краснов В.В., Мещанинов П.А., Мещанинов А.П. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
4. Лазарев Ю.В. Моделирование процессов и систем в MatLab. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 512 с.
5. Правила классификации и постройки морских судов Российской морской регистра судоходства. – СПб., 2018. ■

В настоящее время трудно представить сложное техническое средство либо систему, в которых не использовались бы механизмы передачи крутящего момента (мощности), а также механизмы приводов устройств, валов, преобразования движения. Такие механизмы призваны передавать кручение на перпендикулярно расположенные валы, понижать или повышать их частоту вращения, увеличивать крутящий момент на валу.

В их основе лежит простой принцип – понижение (либо повышение) скорости вращения за счет передаточного отношения передач. Это определяет то, во сколько раз будет различаться скорость вращения вокруг собственных осей ведущих и ведомых составных частей механизмов передачи. На сегодняшний день в мире наибольшее распространение получили механизмы передачи с зубчатыми колесами (шестернями).

ЭВОЛЬВЕНТНОЕ ЗАЦЕПЛЕНИЕ

Уже на протяжении последних трех столетий в редукторах, мультипликаторах и распределителях используются зубчатые шестерни с эвольвентным зацеплением. Данные шестерни могут быть использованы в передачах любых типов и различного исполнения (прямозубая, косозубая, линейная передачи и др.). Такие шестерни легко обрабатывать, подвергать упрочнению, спаривать. Они могут быть подвижными и использоваться в коробках передач для изменения передаточных чисел.

Эвольвентное зацепление, кроме указанных выше достоинств, имеет еще и следующие:

- нечувствительность к зазорам в зацеплениях. Зацепление (точка контакта) проходит по прямой линии – эвольвенте. Этим определяется возможность работы механизмов при относительном износе;
- простота конструкции;
- достаточно высокие ресурсные и прочностные показатели.

В судостроении механизмы передач с шестернями постоянно находят свое применение как в главных судовых передачах (от главной энергетической установки на гребные валы, аzipоды, винторулевые колонки), так и во вспомогательных механизмах – это всевозможные насосы, электродвигатели, дизельные установки, механизмы подъема и опускания выдвигающих устройств и др. Именно поэтому применение механической передачи остается актуальным.

Однако, как и любое изделие, они имеют определенный предел по совершенствованию и определенные недостатки, на которые ранее могли не обращать внимание из-за отсутствия определенных требований к новым видам

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСЦЕНТРИКОВО-ЦИКЛОИДАЛЬНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ В ПРИВОДАХ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

*А.А. Горбачев, инженер-конструктор 3-й категории,
П.С. Андреев, инженер-конструктор 3-й категории,
АО «Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 1505*

техники. При этом некоторые недостатки не могут быть нивелированы в полной мере вследствие конструктивных особенностей зубчатых колес.

К основным недостаткам зубчатых колес с эвольвентным зацеплением следует отнести следующие:

- износ контактирующих зубьев вследствие трения в зацеплении, которое можно нивелировать посредством поверхностного упрочнения зубьев, что, однако, приводит к охрупчиванию контактной поверхности, а при появлении биений или зазоров – к выкрашиванию материала зубьев и последующему их хрупкому излому и срезу. Это – основной вид разрушения зубчатых передач. Полмка зубьев колес также обусловлена нарушением изгибной выносливости материала, а выкрашивание боковых (контактных) поверхностей зубьев – нарушением контактной выносливости материала;
- шумность работы, обусловленная наличием зазоров в зацеплении, заходом в зацепление посредством соударения зубьев и трения поверхностей зубьев;
- вибрации, вызываемые неравномерной передачей крутящего момента на зубья на участке прохождения эвольвенты;
- наличие большого количества концентраторов напряжений, обусловленное конструкцией шестерен;
- необходимость увеличения габаритов механизма передачи при увеличении нагрузки на шестерни.

Для косозубых передач, как показывает практика, с увеличением угла наклона зубьев повышается нагрузочная способность передачи, увеличивается плавность работы и снижается шум. Однако с увеличением этого угла повышается осевое усилие в зацеплении колес, что приводит как к дополнительному изгибу валов передачи, так и к дополнительным осевым нагрузкам на опоры валов.

НОВЫЙ ВИД ЗАЦЕПЛЕНИЯ

В 2007 г. российскими инженерами ЗАО «Технология маркет» (г. Томск) был представлен новый вид зацепления колес с криволинейными зубьями, в котором меньшее колесо имеет всего один

зуб. Зацепление получило название эксцентриково-циклоидального (ЭЦ) по форме кривых, образующих профили зубьев зацепляющихся колес.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДАЧ С ЭЦ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

ЭЦ передача представляет собой в простейшем виде пару криволинейных колес. При этом ведущее колесо образует окружностью с осью вращения, смещенной эксцентрично относительно оси окружности. При этом, вращая данное колесо вдоль кривой профиля ведомого колеса, образуется его профиль с числом зубьев, равным числу вращений ведущего колеса и, следовательно, передаточному отношению ЭЦ передачи.

Профиль ведомого колеса образуется эквидистантой эпитрохоиды, проходящей по наименьшему радиусу ведущего колеса-эксцентрика. Эпитрохоида представляет собой частный случай эпициклоиды – циклоиды, образуемой точкой, связанной с окружностью, катящейся по внешней стороне ведомой окружности. При этом радиус эпитрохоиды определяется наименьшим радиусом эксцентрика.

В общем виде уравнение для построения эпитрохоиды имеет вид

$$x = R \cdot (m+1) \cdot \cos(m\alpha) - r \cdot \cos((m+1)\alpha), \text{ мм};$$

$$y = R \cdot (m+1) \cdot \sin(m\alpha) - r \cdot \sin((m+1)\alpha), \text{ мм}, \quad (1)$$

где R – радиус основного колеса (неподвижной окружности), мм; r – наименьший радиус эксцентрика, мм, $m = \frac{r}{R}$ – вспомогательный коэффициент.

Полученную кривую требуется преобразовать, сместив каждую вершину ее профиля относительно нормали к образованной поверхности на расстояние, равное наибольшему радиусу колеса-эксцентрика. Такое математическое преобразование называется *эквидистантой к поверхности* и представляет собой экспоненциальную функцию кривой от вершины к центру.

Полученный профиль протягивается вдоль оси колеса и поворачивается на необходимый угол в зависимости от числа заходов ведущего колеса-эксцентрика.



Рис. 1. Эпитрохоида и ее эквидистанта

Из изложенного выше принципа проектирования следует, что передача с ЭЦ зацеплением может быть спроектирована средствами математического языка и при наличии зависимостей, определяющих конструкцию передачи может быть быстро создана для дальнейших работ.

ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕДАЧ С ЭЦ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

На основании анализа особенностей конструкции и процесса проектирования получено, что величина эксцентриситета не должна превышать половины радиуса окружности. В противном случае при проворачивании ведущего колеса-эксцентрика возникнет коллизия между телами колес, вследствие чего проворачивание этого колеса-эксцентрика не представляется возможным.

ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДАЧИ С ЭЦ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

В рамках выполнения настоящей работы было спроектировано ведомое колесо, которое было упрощено для обеспечения прочностного расчета конструкции и получения эквивалентных напряжений с целью выявления характера нагружения колеса и определения мест-концентраторов напряжений.

При анализе были сделаны следующие допущения:

1) на кривой профиля зуба колеса была создана специальная плоская площадка для приложения к нему нормальной силы 1000 Н;

2) рассматривался сегмент колеса, состоящий из нескольких кривых (зубьев), с поперечным рассечением тела колеса;

3) была использована жесткая заделка на поперечном срезе колеса, проходящем поперек его оси.

Прочностной расчет проводился методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS.

Полученные результаты (рис. 2) показали относительно плавное распределение напряжений в теле колеса, а также отсутствие выраженных концентраторов напряжений. Данные расчета также подтверждаются аналитическими ввиду плавных переходов нормалей кривых на поверхности зацепления колеса.

По результатам прочностного анализа было принято, что надежность данной конструкции, заявленная в патентах, подтверждается, однако требуется проведение натурных испытаний и сравнение их результатов с шестеренчатыми передачами.

Очевидно, что отсутствие выраженных концентраторов напряжений в колесе является одним из основных преимуществ.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧИ

Полученные математически профили были импортированы в программный пакет трехмерной графики Blender, проэкструированы вдоль собственных осей с поворотом профиля на 360° для ведущего и 80° для ведомого колеса. Были настроены кинематические связи тел в соответствии с передаточным отношением $i = \frac{1}{10}$. Был проведен анализ кинематики (состоятельности работы конструкции), а также анализ коллизии между данными колесами методом интерференции тел.

Результаты анализа подтвердили возможность работы пары колес, а также

показали отсутствие самопересечения тел при их работе, что говорит о возможности их создания.

ОБЩИЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЦ ЗАЦЕПЛЕНИЯ И ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Из результатов трех аналитических работ следует:

1. Подтверждена возможность работы пары колес.

2. Передача с ЭЦ зацеплением имеет в своем составе колеса, профиль которых образуется гладкими кривыми (эквидистантой эпитрохоиды), что говорит о возможной плавности передачи мощности в паре.

3. Передача крутящего момента обеспечивается посредством проворачивания ведущего колеса, следовательно, отсутствует трение, а эксцентрик и ведомое колесо испытывают в основном напряжения смятия, что в отличие от эвольвентного зацепления не вызывает излома и среза зубьев. Следовательно, можно полагать, что надежность конструкции с ЭЦ зацеплением выше, чем у эвольвентного зацепления.

4. Отсутствие трения в зацеплении исключает выкрашивание материала колес.

5. В случае многозаходного исполнения зацепления обеспечивается плавное распределение изгибных напряжений вала ведущего колеса.

ЗАЯВЛЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ

Из заявленных характеристик ЗАО «Технология маркет» следует, что ЭЦ зацепление обеспечивает достаточно широкий диапазон передаточных отношений при минимальной величине относительной массы (массы редуктора на единицу передаваемого момента) и может успешно конкурировать по этим параметрам не только с традиционным эвольвентным зацеплением, но и с зацеплением с помощью промежуточных тел качения. На рис. 3 приведены габариты цилиндрических передач с передаточным отношением 9, рассчитанных на одинаковый крутящий момент в 100 кг·м с эвольвентным и ЭЦ зацеплением.

Таким образом, ЭЦ зацепление обладает высоким передаточным отношением при минимальных габаритных размерах. Зубья имеют большой приведенный радиус кривизны, что увеличивает контактную прочность зацепления, а форма зуба обеспечивает большую изгибную прочность.

ПРИМЕНЯЕМОСТЬ ПЕРЕДАЧ С ЭЦ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Компания «Механика Р» (г.Санкт-Петербург) реализовала технические

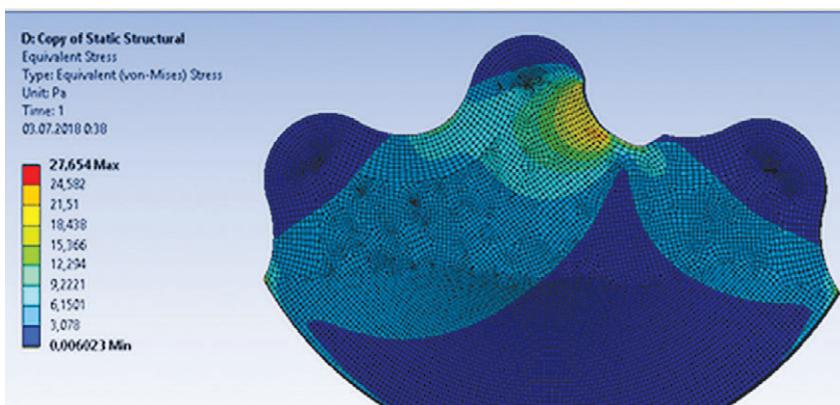


Рис. 2. Результаты прочностного анализа методом МКЭ



Рис. 3. Размеры редуктора с эвольвентным и ЭЦ зацеплением с одинаковыми передаточным отношением и крутящим моментом

решения при построении ВРК посредством применения ЭЦ зацепления вместо эвольвентного, тем самым сохранив надежность изделия, снизив затраты и время производства.

Комплект из двух колонок мощностью по 2500 кВт поставлен Ярославскому судостроительному заводу для морского буксира пр. 23470 ледового класса Arc4 (рис. 4). Компания ЗАО «Технология маркет» изготавливает на



Рис. 4. ВРК с ЭЦ передачей для буксира

сегодняшний день шестерни с ЭЦ зацеплением, предназначенные для эксплуатации в составе тяжелой техники производства «БелАЗ» (Республика Беларусь).

В разработанной главной передаче БелАЗа-7555 (рис. 5) шестерни скон-

струированы таким образом, что их окружность описывает циклоиду без проскальзывания. В результате принятых инженерных технических решений отсутствуют пульсации по передаваемому моменту, КПД изделия выше, габариты передачи меньше.

ВЫВОДЫ

Как следует из полученного результата, ЭЦ зацепление может иметь



Рис. 5. Главная передача БелАЗа-7555



большой ряд преимуществ над эвольвентным зацеплением, в связи с чем целесообразно дальнейшее подробное рассмотрение особенностей предложенной конструкции, а также возможности ее применения в судовых механизмах передач.

Актуальность использования перспективных механизмов передач обусловлена высокой потребностью в целом в малогабаритных высокомоментных редукторах и мультипликаторах. Данные редукторы могут быть использованы в составе робототехнических комплексов, объектов судостроения, наземной и беспилотной техники.

Целесообразно оценить возможность применения данного изобретения в редукторах в составе большого спектра малогабаритных изделий высокой мощностью способности, а также высокого КПД.

Особенно стоит отметить возможность использования малогабаритных механизмов передачи, например, в главных турбозубчатых агрегатах атомных подводных лодок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU2385435 Описание изобретения, 22.12.2008.
2. Становской В. В., Казакевичюс и др. Экцентриково-циклоидальное зацепление зубчатых колес и механизмы на его основе. – 2008, 8 с.
3. Бильдюк Н. А., Каратушин С. И., Малышев Г. Д. и др. Детали машин. Учеб. для вузов. – СПб.: Политехника, 2015. – 695 с.
4. <http://www.ec-gearing.ru/patents.php> ■

Проблема прогнозной оценки расхода ресурса газотурбинных двигателей в структуре главных энергетических установок (ГЭУ) надводных кораблей возникает при планировании времени их использования в море. Прогнозная оценка расхода ресурса газотурбинных двигателей (ГТД) в структуре ГЭУ непосредственно связана с расчетом величины остаточного ресурса. Остаточный ресурс газотурбинных двигателей определяет суммарную наработку от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния [1]. Предельное состояние ГТД связано с процессами накопления повреждений у одного или нескольких элементов, систем, обеспечивающих процесс функционирования и перехода двигателя из работоспособного в неработоспособное, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Отказ ГТД в составе ГЭУ при решении надводным кораблем задач в море существенно снижает его ГТХ: полную скорость хода, маневренность, резко ухудшается надежность многодвигательной установки в целом. В определенных ситуациях отказ ГТД может привести к невозможности выполнения кораблем поставленных задач.

Величина остаточного ресурса ГТД в структуре ГЭУ корабля – это вероятностная характеристика, она может приводить к возникновению ошибок при планировании использования ГЭУ в течение определенного времени нахождения корабля в море. При появлении ошибок 1-го рода принимается решение об использовании двигателя, но при этом планируемое время работы ГТД превышает время до наступления предельного состояния $T_{ост}$; ошибка 2-го рода фактический остаточный ресурс двигателя больше планируемого использования ГЭУ, но принимается решение о невозможности использования ГТД и, соответственно, ГЭУ по результатам расчетов. Наиболее информативным способом выявления риска наступления предельного состояния ГТД, предотвращения отказа (разрушения), оценки возможности плановой эксплуатации двигателя и установки в целом является использование средств и методов технического диагностирования структурных параметров наиболее ответственных элементов. По динамике изменения структурного диагностического параметра при эксплуатации можно определить с достаточной точностью прогнозируемое время остаточного ресурса элемента и ГТД в целом.

Например, знание процессов, связывающих изменение структурных параметров от времени эксплуатации, позволяет построить математическую модель для оценки остаточного ресурса ГТД по величине зазора в подшипниковых узлах в виде

$$T_{ост} = \frac{\delta_{пр} - (\delta_{ф} + f(kT_э))}{k}, \quad (1)$$

где δ_0 – конструкционный зазор, определенный при постройке ГТД; k – коэффициент, учитывающий влияние времени эксплуатации на увеличение зазора; $\delta_{пр}$ – величина предельно-допустимого зазора; $\delta_{ф}$ – фактический зазор; $f(kT_э)$ – функциональная зависимость, связывающая величину зазора со временем эксплуатации (линейная, нелинейная) (рис. 1).

Использование структурных параметров для оценки технического состояния ГТД, выявления опасности разрушения, определения близости ГТД к предельному состоянию в ре-

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДВУХФАКТОРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ РАСХОДА РЕСУРСА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СТРУКТУРЕ ГЛАВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

А. А. Бабичев, канд. техн. наук, капитан 1 ранга запаса, доцент кафедры энергетических установок (неядерных) ВУНЦ ВМФ «ВМФ», контакт. тел. (812) 431 9408

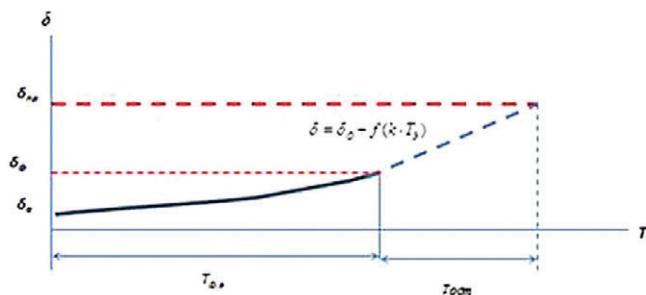


Рис. 1. Оценка остаточного ресурса по предельной величине зазора

альных условиях эксплуатации в структуре ГЭУ надводных кораблей в полном объеме трудно осуществимо из за необходимости проведения большого объема измерений, требующих наличия соответствующего оборудования, затрат времени, привлечения специалистов и др. Существуют методики, позволяющие оценить фактическое состояние ГТД с помощью функциональных параметров. Например, состояние лопаточного аппарата турбины – по температуре газа перед рабочими лопатками турбины высокого давления. По динамике изменения функциональных параметров на контрольных режимах также можно оценить остаточный ресурс (рис. 2).

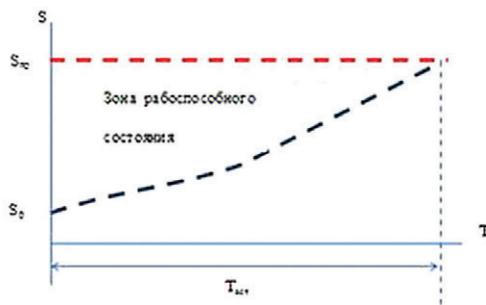


Рис. 2. Оценка остаточного ресурса ГТД по функциональному параметру S

S_0 – функциональный параметр ГТД на момент контроля технического состояния; $S_{пр}$ – предельное значение функционального параметра; $S = S_0 + f(T_э)$ – зависимость изменения параметра от времени эксплуатации

Использование функциональных параметров для оценки фактического состояния ГТД на момент времени $T_э = T_{ф.э}$ предусматривает наличия большого числа математических зависимостей, адекватно описывающих процессы накоп-

ления повреждений, характеристики предельных состояний сложной структуры взаимосвязанных элементов двигателя. В качестве основных методов оценки остаточного ресурса ГТД в реальных условиях эксплуатации в настоящее время предусматривается использование комбинированного метода, основанного на оценке функциональных параметров на контрольных режимах с использованием штатных приборов, измерении информативно-диагностических структурных параметров с использованием диагностической аппаратуры, применения алгоритмов математического моделирования.

Расчетная оценка остаточного ресурса ГТД в структуре ГЭУ при эксплуатации может быть выполнена с использованием математических моделей, основанных на гипотезе линейного суммирования повреждений. Эксплуатационная повреждаемость выступает в качестве критерия для оценки выработки ресурса, как по статическим, так и по циклическим нагрузкам.

Накопленные эксплуатационные повреждения от действия длительных статических нагрузок

$$P_{\Sigma c} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{\Phi, \Delta i}}{t_{H_i}} \quad (2)$$

Здесь $t_{\Phi, \Delta i}$ – продолжительность эксплуатационного нагружения двигателя на i -м режиме; t_{H_i} – назначенный ресурс на i -м режиме; $i=1, n$ – число эксплуатационных режимов.

Накопленные эксплуатационные повреждения от действия циклических нагрузок

$$P_{\Sigma u} = \sum_{j=1}^m \frac{N_{\Phi, \Delta j}}{N_{H_j}} \quad (3)$$

Здесь $N_{\Phi, \Delta j}$ – общее число эксплуатационных циклических нагрузок j -го вида; N_{H_j} – назначенное число циклических нагрузок j -го вида.

При этом для нового ГТД повреждаемость равна 0 и 1 при полной выработке ресурса. Названные критерии для оценки повреждений ГТД при эксплуатации связаны с прочностными свойствами материала: длительной и циклической прочностью наиболее ответственных элементов: рабочих лопаток турбины высокого давления, дисков силовой турбины.

Важнейшее значение для нагретых деталей корабельных ГТД имеет предел длительной прочности – напряжение, которое материал выдерживает при температуре T в течение времени $[\tau_p]$. Разрушение материала происходит при превышении определенного уровня деформации ползучести [3]. Длительная прочность деталей горячей части ГТД лимитирует назначенную долговечность (назначенный ресурс) лопаток турбин, дисков, болтовых соединений и других деталей, работающих в условиях высоких температур. Для оценки длительной прочности материала используются известные графические зависимости и теоретические зависимости (рис. 3). Наиболее распространенной зависимостью для оценки длительной прочности является уравнение Ларсона–Миллера:

$$P = T(\lg \tau + C), \quad (4)$$

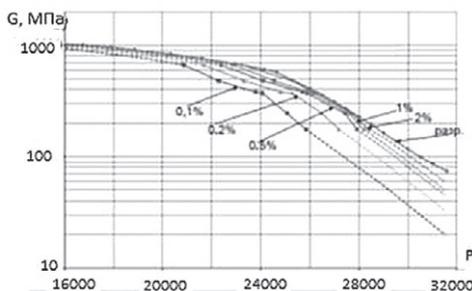


Рис. 3. Параметрические кривые Ларсона–Миллера для разрушения и различных уровней деформаций ползучести при оценке длительной прочности

где P – параметр, характеризующий прочностные свойства материала; C – постоянная, равная, как правило, 20; T – температура материала, К; τ – продолжительность нагружения, ч.

Эксплуатационные статические режимы ГТД определяются уровнем силовых напряжений от центробежных сил и диапазоном рабочих температур. Назначенный ресурс для каждого режима ГТД определяется по пределу длительной прочности материала самых нагруженных элементов двигателя – рабочих лопаток 1-й ступени турбины высокого давления:

$$t_n = [t_p]/k_t, \quad (5)$$

где $k_t > 1,9-2,5$ запас долговечности.

На основе (2) в линейной однофакторной математической модели остаточный ресурс ГТД определяется по величине накопленных статических повреждений $P_{\Sigma c}$ при учете суммарного времени работы ГТД на определенных режимах в течение фактического времени эксплуатации $t_{\Phi, p}$, характеризующимся температурой рабочего процесса T_i и уровнем эксплуатационных нагрузок σ_i :

$$T_{\text{ост}} = T_n(1 - P_{\Sigma c}) = T_n(1 - \sum_{i=1}^n \frac{T_{\Phi, \Delta i}}{T_{H_i}}), \quad (6)$$

где $T_{\Phi, \Delta i}$ – фактическая наработка ГТД на i -м режиме; T_n – назначенный ресурс ГТД; T_{H_i} – назначенный ресурс ГТД на i -м режиме.

Рассмотренная линейная однофакторная модель является простейшим вариантом оценки остаточного ресурса ГТД при эксплуатации без применения средств технической диагностики. В модели учитывается только один эксплуатационный фактор – время работы ГТД на режиме. ГТД в составе ГЭУ надводных кораблей при эксплуатации подвержены воздействию как длительных статических, повторно-статических, так и циклических нагрузок. Циклические нагрузки ГТД вызывают накопление длительной циклической и малоцикловой усталости, приводят к снижению циклической прочности и разрушению элемента. Малоцикловая усталость накапливается под действием нагружений с небольшой частотой $f < 0,2$ Гц и малым числом циклов $N < 105$. Малоцикловая усталость является причиной большинства возникающих на практике дефектов. Наибольшие переменные нагрузки возникают при запусках, изменении режимов работы и т.п. По аналогии с длительной прочностью, если вместо времени нагружения использовать число циклов N (N^* – число циклов до разрушения), в качестве меры исчерпания ресурса следует принять соотношение N/N^* .

Оценка значения N^* проводится с использованием предела выносливости σ – 1, определяющего предельное число повторных циклов до разрушения при некоторых эксплуатационных нагрузках (рис. 4).

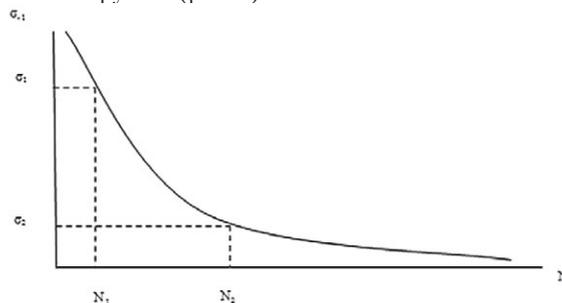


Рис. 4. Зависимость предела выносливости от числа циклов нагружения N и значений эксплуатационных нагрузок σ

Прочностные характеристики материала связаны с величиной повторяющихся деформаций при циклических нагрузках. Наиболее распространенной расчетной зави-

симостью для оценки величины деформации при циклических нагрузках является формула Мэнсона:

$$\Delta \varepsilon = \frac{3,5(\sigma_{дл} - \sigma_m)}{E(t)} N_n^{-0,12} + \left(\ln \frac{1}{1 - \Psi(t)}\right)^{0,6} N_n^{-0,6}, \quad (7)$$

где $\Delta \varepsilon$ – интенсивность размахов деформаций за цикл нагружения; $\sigma_{дл}$ и σ_m – соответственно, предел длительной прочности материала и среднее значение напряжения в цикле, МПа; $E(t)$ – модуль упругости материала исследуемого элемента ГТД (например, диска), МПа; $\Psi(t)$ – относительное сужение материала с учетом длительности работы и температуры.

По величине $\Delta \varepsilon$, $\sigma - 1$ определяется максимальное число циклов нагружений до наступления разрушения $[N_p]$. С учетом коэффициента запаса циклической прочности максимальное число эксплуатационных циклов выбирается в качестве критерия предельного состояния по циклическим нагрузкам:

$$N_n = [N_p] / \kappa_N, \quad (8)$$

где κ_N – запас прочности по циклическим нагрузкам.

Линейная модель накопления повреждения от циклических нагрузок имеет вид

$$P_{\Sigma n} = \sum_{j=1}^m \frac{N_{фэj}}{N_{nj}}, \quad (9)$$

где $j=1...m$ – виды циклических нагрузок; N_{nj} – назначенное число циклических нагрузок j -го вида; $N_{фэj}$ – общее число циклических нагрузок j -го вида за время фактической эксплуатации ГТД.

Основным видом циклических нагрузок, влияющих на фактическое состояние ГТД, являются переменные динамические режимы: набор и сброс мощности, реверсирование, запуск и остановка. Наиболее просто учитываются циклические нагрузки по общему числу запусков (z). Линейная модель накопления повреждений при эксплуатации ГТД с учетом статистических и циклических нагрузок имеет вид

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma c} + P_{\Sigma n}. \quad (10)$$

На основе (10) дается оценка остаточного ресурса ГТД с помощью двухфакторной математической модели, учитывающей время эксплуатации и число запусков:

$$T_{ост} = T_n (1 - (P_{\Sigma c} + P_{\Sigma n})) = T_n \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{T_{фэi}}{T_{ni}}\right) + k_z \cdot z, \quad (11)$$

где $k_z = \frac{1}{N_n}$ – коэффициент, определяющий влияние одного запуска на повреждаемость ГТД; z – число запусков; N_n – предельное число запусков ГТД при эксплуатации.

Величина остаточного ресурса ГТД, определенная с помощью математических моделей по формулам (6) и (11), является вероятностной. Для подтверждения вычисленного значения необходимо эксплуатировать ГТД в течение времени не менее $T_{\text{э}} > T_{\text{ост}}$. При планировании использования ГЭУ корабля вероятностная оценка остаточного ресурса ГТД может приводить к возникновению ошибок: 1 – принимается решение об использовании двигателя, но при этом планируемое время работы ГТД превышает время до наступления предельного состояния – $T_{\text{пл}} > T_{\text{ост}}$; 2 – фактический остаточный ресурс двигателя больше планируемого использования ГЭУ $T_{\text{ост}} > T_{\text{пл}}$, но принимается решение о невозможности использования ГТД и, соответственно, ГЭУ. Для уменьшения вероятности возникновения ошибок при планировании времени использования ГТД в составе ГЭУ можно рекомендовать оценивать границы доверительного интервала для величины остаточного ресурса, определенного с помощью (11). Поскольку при выполнении расчетов параметры

распределения случайной величины: математическое ожидание m_x и среднеквадратичное отклонение σ_x неизвестны, границы для неизвестного фактического среднего значения $T_{\text{ост}}^*$ могут быть определены в соответствии с [2] с уровнем значимости $\alpha = 0,05$:

$$(T_{\text{ост}} - q_{0,975} W) < T_{\text{ост}}^* < (T_{\text{ост}} + q_{0,975} W), \quad (12)$$

где $W = T_{\text{ост}}^{\text{max}} - T_{\text{ост}}^{\text{min}}$ – разброс значений остаточного ресурса, определенных с помощью (предполагается, что $T_{\text{ост}}^{\text{max}}$ – может рассматриваться как наиболее оптимистическая величина остаточного ресурса по оценке специалистов; $T_{\text{ост}}^{\text{min}}$ – пессимистическое значение остаточного ресурса) (11). При $n = 2$ (число выбранных значений $T_{\text{ост}}$) – $q_{0,975} = 6,353$ при $P = 1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$; P – доверительная вероятность оценки значения остаточного ресурса.

В соответствии с (12) значение $T_{\text{пл}}$ – планируемое время использования ГТД не должно попадать в определенный интервал $T_{\text{пл}} < (T_{\text{ост}} \pm q_{0,975} W)$. При выполнении условия $(T_{\text{ост}} \pm q_{0,975} W) > T_{\text{пл}}$ необходимо более ответственно определить величину возможных повреждений ГТД при запланированном времени работы $T_{\text{пл}}$ в составе ГЭУ. В связи с неопределенностью характеристик для оценки статических и циклических повреждений на планируемый период времени $T_{\text{пл}}$ с использованием (8) и (9) для повышения точности вероятностных оценок с использованием (11) может быть предложен имитационный метод. Теоретической основой имитационного моделирования является гипотеза о возможности замены эмпирических функций распределения случайных величин, характеризующих процессы функционирования сложных технических систем, нормальным законом распределения с известными параметрами математического ожидания и среднеквадратичного отклонения. Например, планируемое время работы ГЭУ в море может быть определено

$$T_x = k_x T_m, \quad (13)$$

где T_x – число ходовых часов; k_x – коэффициент использования ГЭУ на ходу; T_m – планируемое время нахождения корабля в море. Значение для k_x находится в пределах [0,1].

Соответственно, имитационное моделирование для оценки k_x может быть выполнена по функции распределения, построенной по накопленным статистическим данным фактического применения ГТД в составе ГЭУ (рис. 5).

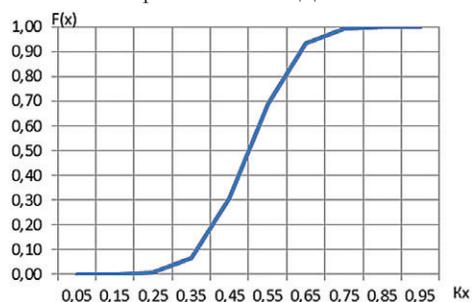


Рис. 5. Функция распределения коэффициента использования ГЭУ на ходу k_x

Численное значение k_x определяется в результате обработки массива статистических характеристик, полученных с помощью программы Excel, при генерации случайных величин, распределенных по нормальному закону с заданными параметрами, например: $m_x = 0,4$; $\sigma_x = 0,1$ (табл. 1).

Результаты имитационного моделирования значений k_x с использованием генератора случайных чисел, распределенных по нормальному закону приведены ниже:

k_x, \dots 0,32 0,48 0,44 0,52 0,42 0,39 0,38 0,63 0,39 0,48

Для обеспечения движения корабля с заданной скоростью требуется определенная мощность ГЭУ. Расчет потребной мощности может быть выполнен с помощью

буксировочной кривой с учетом коэффициентов увеличения потребной мощности ГЭУ под действием эксплуатационных факторов:

$$Ne_{\Sigma} \sim A_{v_{\Sigma}} V^m, \quad (14)$$

где $A_{v_{\Sigma}} = \prod_{i=1}^n A_{v_i}$ – коэффициент утяжеления буксировочной кривой; V – скорость корабля; $m = 2,9 - 3,2$ – для водоизмещающих кораблей.

Скорости движения корабля на различных этапах решения задач при нахождении корабля в море также могут быть определены с помощью имитационного моделирования по построенному графику функции нормального распределения. Параметры функции нормального распределения значения скорости корабля определяются по результатам обработки статистической информации, накопленной при эксплуатации ГЭУ в условиях, подобных планируемым (рис. 6).

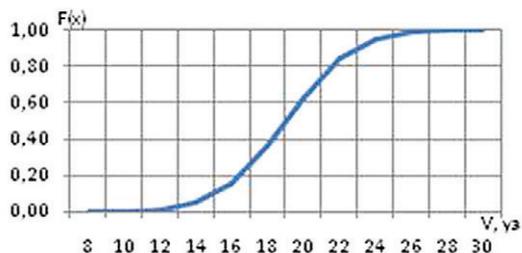


Рис. 6. Функция распределения скорости корабля при планировании

Результаты имитационного моделирования значений V с параметрами нормального закона распределения случайной величины: $m_x = 19$; $\sigma_x = 3$ приведены ниже.

Имитационное моделирование скорости корабля

$V, \dots, 15 \quad 10 \quad 16 \quad 23 \quad 13 \quad 14 \quad 13 \quad 10 \quad 22 \quad 27$

По аналогии с помощью имитационного моделирования, на основе известных графических зависимостей могут быть определены значения коэффициентов для расчета $A_{v_{\Sigma}}$. Например, один из сомножителей для $A_{v_{\Sigma}}$ – коэффициент увеличения мощности от водоизмещения A_{v_D} , может быть определен по графику рис. 7.

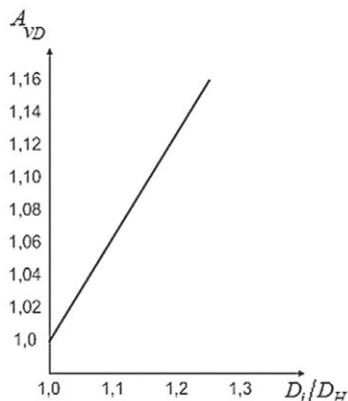


Рис. 7. Влияние изменения водоизмещения на коэффициент A_{vD}

D_i – фактическое водоизмещение корабля; D_n – нормальное водоизмещение

Для имитационного моделирования показателя может быть использована функция нормального распределения с параметрами: $m_x = 1,2$; $\sigma_x = 0,08$.

Число запусков ГТД за определенное время работы может быть определено с помощью смоделированного значения по функции нормального распределения наработку двигателя на один запуск $T_{\text{зап}}$ (рис. 8) и определить число запусков ГТД z в течение планируемого времени:

$$z = T_x / T_{\text{зап}}. \quad (14)$$

Имитационное моделирование с использованием генератора случайных чисел, распределенных по определенному

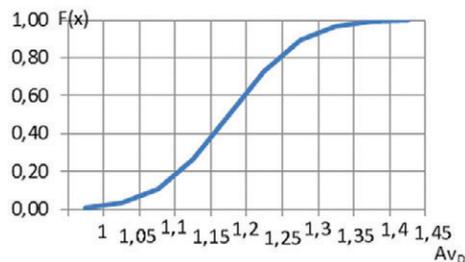


Рис. 8. Функция распределения коэффициента утяжеления буксировочной мощности A_{vD}

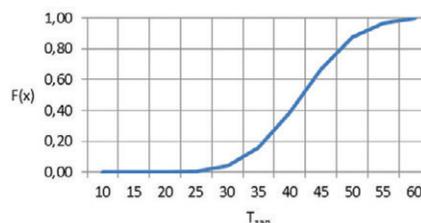


Рис. 9. Функция распределения времени работы ГТД на один запуск

закону, позволяет сформировать массивы статистической информации. Параметры законов распределения случайных величин определяются в результате обработки накопленной статистической информации. Условный алгоритм имитационного моделирования для прогнозной оценки расхода ресурса ГТД и выработку рекомендаций по использованию двигателя в структуре ГЭУ надводных кораблей показан на рис. 11.

В соответствии с рис. 11 планируемое время использования корабля при решении задач «от причала до причала» определяется значением $T_{\text{пл}}$. Функционирование ГЭУ в течение T_x обеспечивает скорость хода корабля V . Потребная мощность ГЭУ обеспечивается работой главных двигателей, входящих в состав ГЭУ. В зависимости от выбранной схемы ГЭУ в структуре ГЭУ может использоваться газотурбинный двигатель (рис. 10).

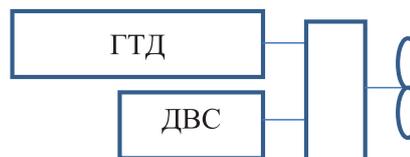


Рис. 10. Условная схема ГЭУ надводного корабля

Планируемое время работы ГТД в составе ГЭУ связано со временем работы ГЭУ, определяется величиной $T_{\text{гтд}} \leq T_x$. Основное требование к ГТД при планировании использования ГЭУ в составе корабля величина остаточного ресурса двигателя $T_{\text{ост}}$ должна быть не менее времени $T_{\text{гтд}}$. По величине $T_{\text{гтд}}$ определяется вероятностное значение числа запусков двигателя при нахождении корабля в море в течение $T_{\text{пл}}$. Суммарный расход ресурса ГТД определяется по вероятностным значениям $T_{\text{гтд}}$ z с использованием линейной модели накопления повреждений (10). Остаточный ресурс ГТД после использования в течение времени $T_{\text{гтд}}$, определенный с помощью двухфакторной математической модели (11) не должен быть ниже минимального значения $[T_{\text{ост}}]$.

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование алгоритмов имитационного моделирования случайных характеристик процессов эксплуатации ГТД в математической модели остаточного ресурса (13) при планировании, позволит повысить точность и надежность расчетных вероятностных значений, качество принятия управленческих решений на использование ГЭУ и ГТД с структуре ГЭУ.

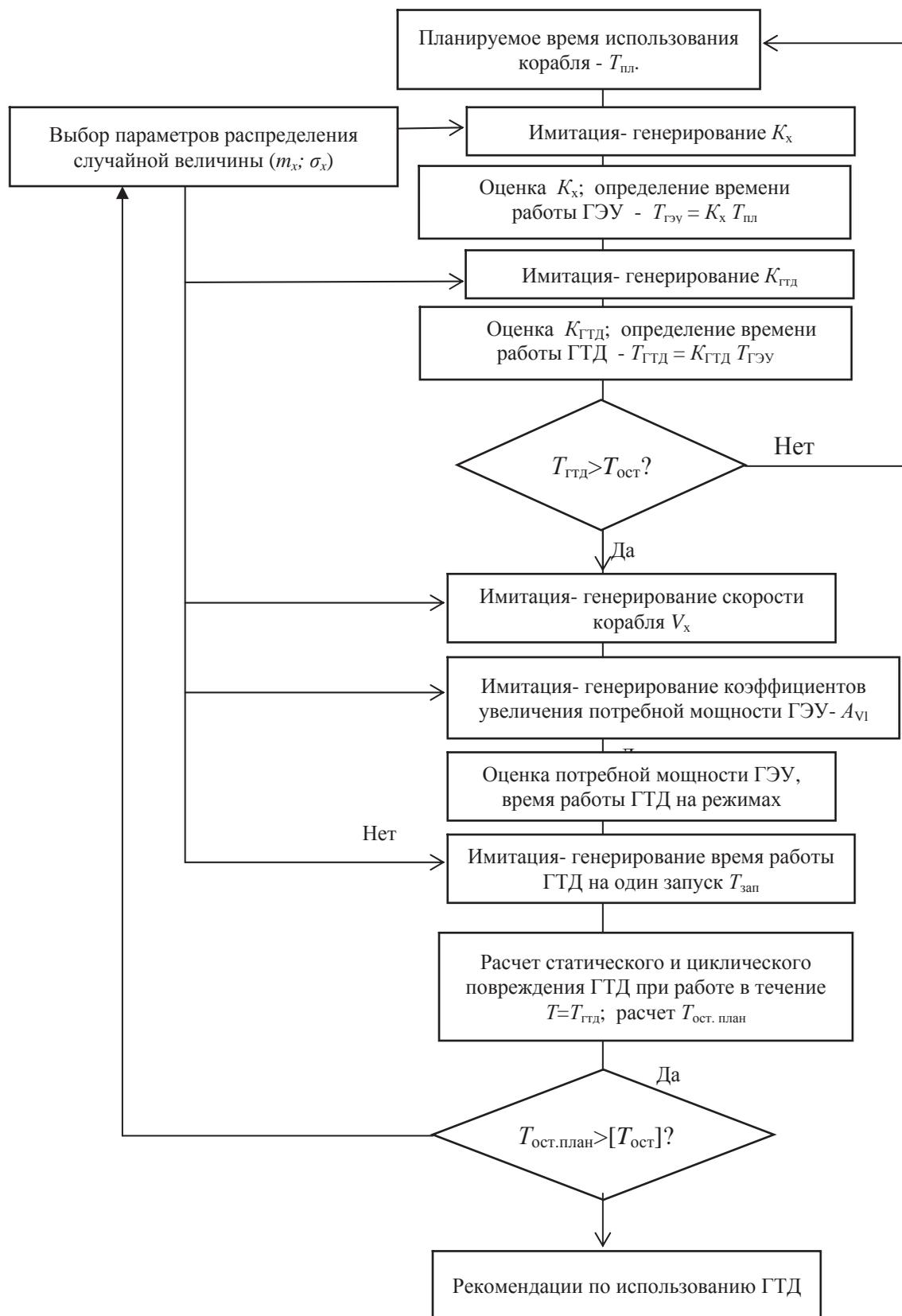


Рис. 11. Условный алгоритм использования имитационного моделирования при прогнозной оценке расхода ресурса ГТД в составе ГЭУ надводных кораблей с использованием двухфакторной математической модели

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.
- ГОСТ Р 50779.22–2005 (ИСО 2602:1980). Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для средних. – М.: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
- Биргер А.И., Шор Б.Ф., Иселевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справ. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
- Акимов В.М. Основы надежности газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1981. – 207 с.
- Розанов Ю.А. Случайные процессы: Краткий курс. – М.: Наука, 1971. – 288 с. ■

Одна из важнейших задач при проектировании новых изделий – обеспечение их прочности и работоспособности под воздействием различных факторов. Вибрация и удар являются одними из самых опасных механических воздействий.

Знакопеременные напряжения, вызванные вибрационными воздействиями, приводят к накоплению повреждений в материале, что способствует появлению усталостных трещин и разрушению. Кроме усталостных разрушений, в механических системах наблюдаются и другие явления, вызываемые вибрационным воздействием, которые приводят, например, к постепенному ослаблению неподвижных соединений. В большинстве случаев разрушение объекта при вибрационных воздействиях связано с возникновением резонансных явлений. При полигармонических воздействиях наибольшую опасность представляют те гармоники, которые могут вызвать резонанс объекта, в связи с этим исследования на вибропрочность проводят при гармонических воздействиях в резонансных режимах [3].

Из-за высоких амплитуд нагрузки ударные воздействия также могут стать причиной разрушения объекта. Часто повреждения, вызываемые ударом, носят характер хрупких разрушений.

Компанией «Винета» были разработаны теплообменные аппараты для системы теплообмена дизель-генератора АДГ-1000. Ниже описан подход к проверке охладителя наддувочного воздуха 2ОНВ.000–06–02ОМ4 (рис. 1) методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS на воздействие вибрационной и ударной нагрузки.

При исследовании различных объектов техники возникает необходимость составления некоторой «идеализированной» схемы объекта. Реальные машины и конструкции имеют разнообразные физические свойства и несовершенства всякого рода, не всегда поддающиеся теоретическому описанию. Для математического анализа и расчета необходима ясность схемы и конечное число учиты-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В.Ю. Макаров, зам. директора,
М.Ю. Хохлов, инженер-конструктор, ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048, +7(999) 202 5373

ваемых исходных свойств, которое не охватывает все множество свойств реального объекта, но включает в себе самые существенные. Так возникает расчетная схема или расчетная модель, только благодаря которой возможны математическое описание объекта и его расчет.



Рис. 1. 3D-модель охладителя 2ОНВ.000–06–02ОМ4

Охладитель воздуха представляет собой две трубные решетки с крышками, соединенные между собой теплообменными трубками. С одной стороны охладитель крепится в корпус дизель-генератора посредством 18 болтов М12 (ГОСТ 7798–70) класса прочности 8,8. Вторая сторона охладителя заводится в паз дизель-генератора. При построении расчетной модели был принят ряд допущений:

- элементы креплений, направляющие листы и остальные мелкие детали учитываются в качестве массовой нагрузки в виде увеличенной плотности материала конструкции.

– ребра теплообменных труб не моделируются и учитываются в качестве массовой нагрузки в виде увеличения плотности материала труб.

Трубные решетки и крышки моделировались объемными конечными элементами с 20 узлами SOLID186, а теплообменные трубы – балочными элементами BEAM188.

С использованием конечно-элементной модели определялись осевые и срезающие усилия в узлах крепления и строились эпюры сил, моментов и перемещений теплообменных трубок. Расчет резьбовых соединений и прочности труб выполнялся на основании аналитических зависимостей [1,2]. Ударное и вибрационное воздействие осуществлялось в трех направлениях согласно системе координат, представленной на рис. 2.

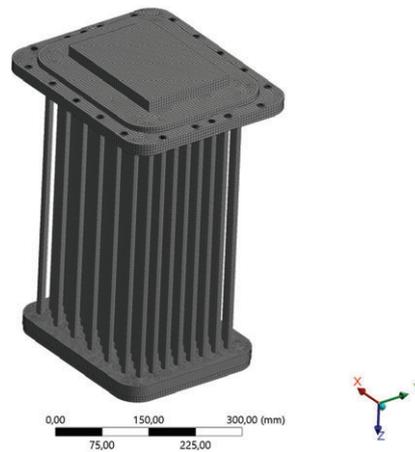


Рис. 2. Конечно-элементная модель охладителя 2ОНВ.000–06–02ОМ4

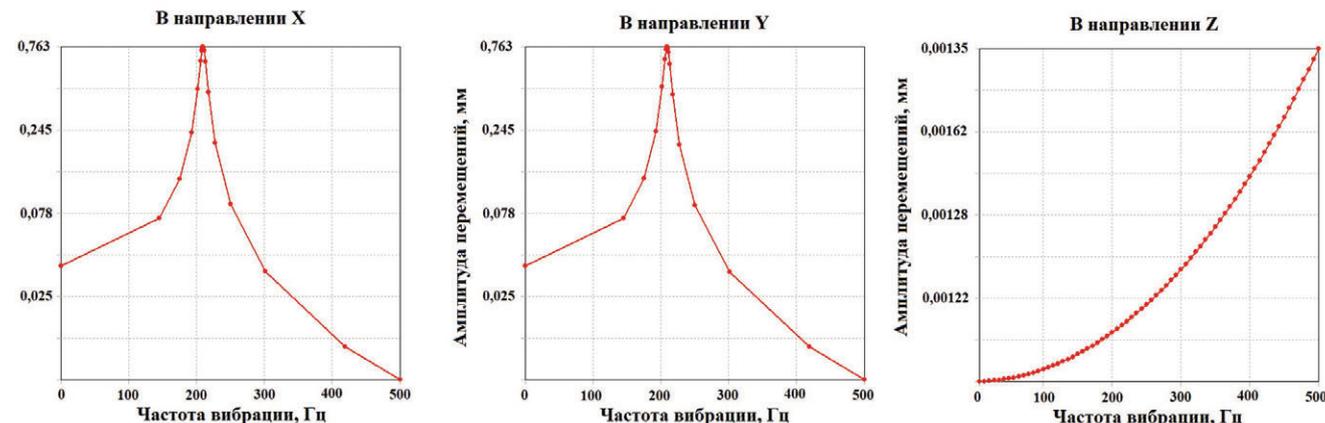


Рис. 3. Отклик конструкции при вибрационном воздействии

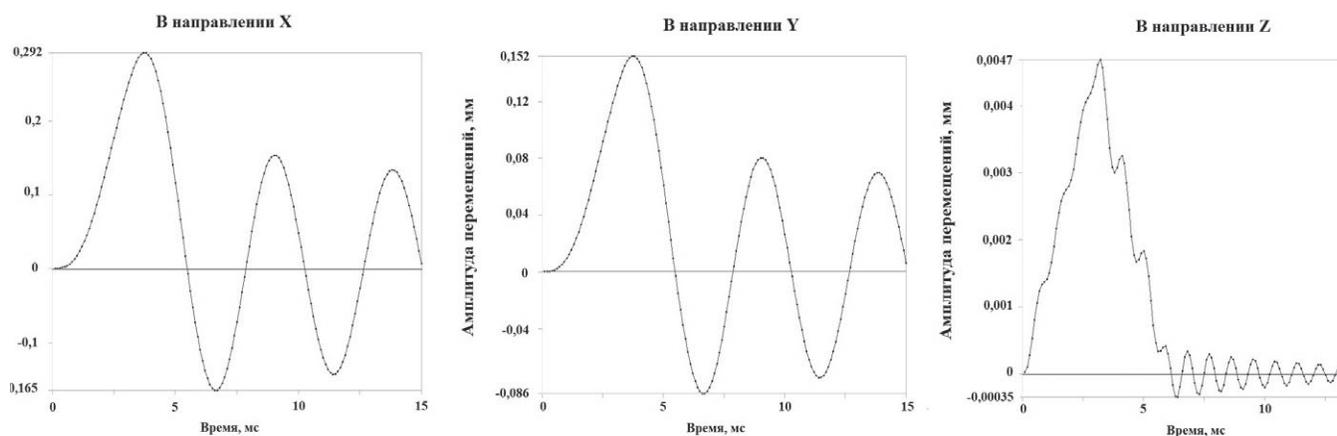


Рис. 4. Отклик конструкции при ударном воздействии

Амплитуды колебаний при вибрационном воздействии показаны на рис. 3.

При осевой знакопеременной нагрузке на болт усталостная прочность болта оценивается по запасу прочности

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma} \cdot \sigma_a + \sigma_{-1} \cdot \frac{\sigma_{\text{ср}}}{\sigma_b}},$$

где $\sigma_{\text{ср}}$ – постоянное (среднее) напряжение, а именно:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{зат}} + \frac{F_{\text{ос}} \cdot \chi}{2}}{S};$$

σ_a – амплитуда переменного напряжения:

$$\sigma_a = \frac{1}{2} \frac{F_{\text{ос}} \cdot \chi}{S};$$

$K_{\sigma} = 3$ – эффективный коэффициент концентрации напряжений в резьбе; S – площадь сечения шпильки; χ – коэффициент передачи внешней нагрузки; $F_{\text{зат}}$ – сила затяжки.

Прочность соединения считается обеспеченной при $n \geq 1,5$.

При действии срезающей нагрузки условие прочности считается выполненным при отсутствии сдвига деталей:

$$K \cdot F_{\text{срез}} \leq F_{\text{тр}},$$

где $K = 2$ – коэффициент запаса при знакопеременной нагрузке; $F_{\text{тр}} = F_{\text{зат}} \cdot f$ – сила трения в стыке; f – коэффициент трения.

Условие отсутствия раскрытия стыка

$$F_{\text{ос}} < \frac{F_{\text{зат}}}{1 - \chi} > F_{\text{ос}}.$$

Амплитуды колебаний при ударном воздействии показаны на рис. 4.

Удар является единичной (случайной) нагрузкой, поэтому прочность обеспечивается, если нормальные напряжения σ_b , возникающие в болте при действии осевого усилия, не превышают предел прочности материала болта $[\sigma_b]$:

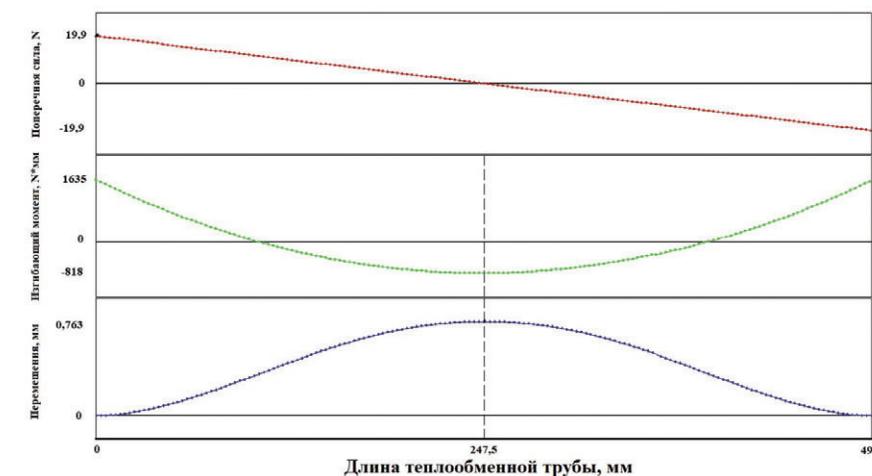


Рис. 5. Эпюры сил, моментов и перемещений трубы

$$\sigma_b = \frac{F_{\text{ос}} \cdot \chi + F_{\text{зат}}}{S} \leq [\sigma_b].$$

Так же как и при вибрации, воздействие удара проверяют, исходя из условий раскрытия стыка и сдвига деталей.

При воздействии удара и вибрации для теплообменных труб строятся эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и перемещений. Максимальный изгибающий момент возникает при вибрационной нагрузке в направлении X, максимальное значение продольной силы при ударной нагрузке – в направлении Z (рис. 5).

Допустимая нагрузка на вальцовочное соединение трубы с трубной решеткой

$$F_p = d_T \cdot l_B \cdot [q],$$

где d_T – внешний диаметр трубы; l_B – глубина вальцовки; $[q]$ – допустимые напряжения в вальцовочном соединении в зависимости от типа вальцовки.

Допускаемый момент, изгибающий трубу,

$$[M_T] = \frac{[M_T]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M_T]_{\text{п}}}{[M_T]_{\text{Е}}}\right)^2}},$$

где $[M_T]_{\text{п}}$ – допускаемый изгибающий

момент из условия прочности; $[M_T]_{\text{Е}}$ – допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости.

Современные вычислительные мощности позволяют выполнять предварительные расчеты новых изделий при воздействии различных факторов. Использование современного программного обеспечения дает возможность определять уязвимые места конструкции и прогнозировать ее поведение в различных условиях.

Благодаря такому подходу появляется возможность проектировать изделия, которые не нуждаются в устранении скрытых конструктивных недостатков после испытаний и проведения повторных испытаний. Это позволит существенно повысить экономическую эффективность производства.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 14249–89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин. – М.: Машиностроение, 1993.
- Защита от вибрации и ударов / Под ред. К. В. Фролова. Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с. ■

Кнастоящему времени отечественным энергомашиностроительным предприятием НПО «Сатурн» освоено производство корабельных газотурбинных двигателей (ГТД) 4-го поколения типов М75 РУ и М70 ФР мощностью соответственно 5000 и 10 000 кВт и практически завершено освоение ГТД типа М90 ФР мощностью 20 000 кВт. Освоение производства указанных двигателей ознаменовало собой своеобразный этап освобождения отечественного ВМФ от иностранной зависимости, связанной с поставками ГТД и их комплектующих на надводные корабли. Осознание необходимости производства корабельных ГТД на отечественных предприятиях произошло еще в начале 90-х гг., сразу после распада СССР, однако этот сложный процесс растянулся на 20 с лишним лет.

В то же время, пока у нас решалась задача освоения производства корабельных ГТД от отечественных предприятий, ведущими зарубежными энергомашиностроительными предприятиями было освоено производство новых ГТД 5-го поколения. К ним можно отнести корабельные ГТД типа WR21 и МТ30 мощностью соответственно 25 000 и 36 000 кВт.

Создание газотурбинного двигателя нового поколения предполагает рост наиболее значимых параметров на 30–40%, из чего следует, что эволюционным путем достичь подобного повышения невозможно: требуется техническая революция, в том числе и с применением новых технологий.

Газотурбинный двигатель – сложнейший объект как по конструкторско-технологической размерности, так и по числу инженерных решений и ноу-хау, заложенных в конструкции и производстве. Зонами существенного влияния, определяющими облик двигателя, являются узлы компрессора, камеры сгорания и турбины. Каждый узел вносит свой вклад в такие важнейшие параметры машины, как вес, ресурс, мощность, эффективность, обеспечение которых является сложнейшим комплексом конструкторско-технологических задач, для решения которых требуется использование самых последних достижений науки и техники.

Развитие корабельных ГТД осуществлялось в соответствии с ужесточением требований к силовой установке и обеспечивалось повышением параметров рабочего процесса, применением новых материалов, перспективных технологий и новых технических решений.

При этом следует отметить, что исторически сложилось так, что «локомотивом» развития корабельных ГТД всегда было развитие авиационных двигателей. Это означает, что достигнутые в определенный период показатели развития двигателей авиации переносились впоследствии и на корабельные ГТД. Так уж

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО КРАБЕЛЬНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.С. Лобанов, капитан 1 ранга, начальник кафедры энергетических установок (неядерных),

*В.В. Барановский, д-р техн. наук, проф., ВУНЦ ВМФ «ВМФ»,
контакт. тел. +7(981)728 9701, +7(905)255 2546*

сложилось, что корабельная энергетика подтягивалась за авиационной. Причем это утверждение относится не только к отечественному опыту, но подтверждается опытом зарубежным. И дело здесь не в приоритете, определяемом государством, в развитии авиации по сравнению с кораблестроением, а скорее, в серийности выпускаемой техники, так как серийность корабельных ГТД на порядок меньше серийности авиационных двигателей.

К настоящему времени в авиадвигателестроении достигнуты высокие технико-экономические показатели двигателей прежде всего за счет повышения температуры газа перед турбиной (до $T_{г*} = 1850 \div 1950$ К) и степени повышения давления в компрессорах до $\pi_{кз}^* \geq 30$ за счет широкого применения в конструкциях ГТД высокопрочных порошковых и гранульных сплавов, монокристаллических лопаток турбин с высокоэффективной системой охлаждения, легких высоконапорных ступеней компрессора типа «блиск» (диск, выполненный за одно целое с рабочими лопатками) и других статорных деталей из композиционных материалов.

У перспективных авиационных двигателей 6-го поколения ожидается еще большее увеличение параметров рабочего тела до значений $T_{г*} = 2100 \div 2200$ К и $\pi_{кз}^* = 30 \div 60$.

Из приведенных примеров следует, что развитие авиационных двигателей происходит в направлении, не противоречащем теории термодинамики, т.е. связано с увеличением параметров рабочего тела, наряду с этим очевидны такие тенденции, как упрощение конструкции, снижение стоимости жизненного цикла и трудоемкости технического обслуживания и ремонтов.

Очевидно, что при обосновании облика перспективного корабельного двигателя 5-го поколения необходимо также следовать указанным тенденциям, по крайней мере не противоречить им.

При разработке перспективного корабельного ГТД нельзя не учитывать и экономический аспект: принесет ли производство нового двигателя прибыль предприятию-изготовителю?

В качестве ответа на данный вопрос можно процитировать слова управляю-

щего директора компании ОАО «НПО «Сатурн» Ильи Федорова на авиасалоне МАКС–2013 по поводу рентабельности производства двигателя SaM146 для самолета «Суперджет-100». Он утверждал, что «сегодня на каждом двигателе мы имеем убыток от 30 до 40 млн. рублей, и это вполне естественно, мы об этом честно говорим. Если вспомнить CFM56, то его производство вышло на нулевую рентабельность только на восьмом году выпуска, или на четырехсотом двигателе. Это стандартный показатель: как правило, до 400–420 экземпляров производства является убыточным. Вообще, основные деньги производители начинают зарабатывать с началом активной эксплуатации, планового ремонта и создания так называемого пула оборота двигателей (пульная схема оборота компонентов позволяет обеспечить более эффективную поддержку запасными частями самолетов). Мы ждем, что программа SaM146 выйдет на рентабельность где-то лет через пять ...» [1].

Вопрос рентабельности разработки и производства перспективного корабельного ГТД звучит в абсолютно такой же постановке. Учитывая то обстоятельство, что на всех кораблях ВМФ РФ в настоящее время эксплуатируется не более 250 газотурбинных двигателей, причем всех имеющихся на флоте модификаций, справедливо напрашивается вопрос о рентабельности выпуска новых корабельных ГТД для предприятия в принципе.

Низкая серийность производства корабельных ГТД породила «унификацию» их производства. Так, например, корабельные ГТД унифицируются с ГТД газоперекачивающих агрегатов или с авиационными двигателями. Принципы технической унификации направлены в первую очередь на устранение излишнего многообразия изделий, их составных частей и процессов изготовления.

Обоснование облика перспективного корабельного ГТД также сталкивается со множеством научных проблем, в том числе с проблемой его унификации. Будет ли он эксклюзивным в смысле использования на единичных кораблях или унифицированным и получит ли широкое распространение на других областях и сферах приложения.

Акцентируя внимание на мировую тенденцию развития газотурбинных двигателей, связанную с унификацией их производства, как, например, двигатель МТ-30 компании Rolls-Royce, разработанный путем конвертации его из авиационного двигателя типа Trent-800. Эта практика подтверждается и отечественным опытом, так, двигатели М75 РУ и М70 ФРУ разработки НПО «Сатурн» унифицированы с промышленным ГТД-4 РМ (рис. 1).

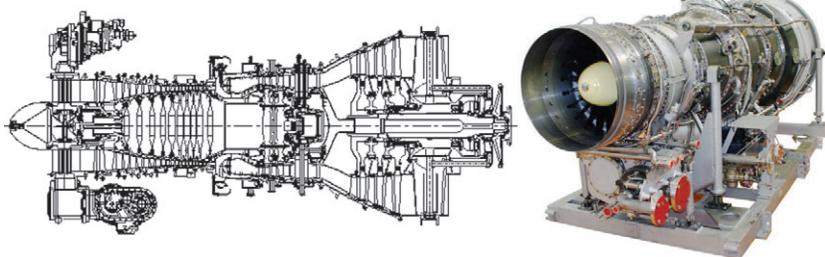


Рис. 1. Унифицированный газогенератор, используемый в конструкции двигателей М75 РУ, М70 ФРУ и промышленного ГТД-4 РМ

Следовательно, на основе вышеизложенных рассуждений можно сделать вывод о том, что при разработке перспективного отечественного корабельного ГТД 5-го поколения нет необходимости в изыскании неких эксклюзивных решений, и, пожалуй, единственным верным способом, следуя мировым тенденциям, будет его разработка путем конвертации на основе передового на сегодняшний день авиационного двигателя. В этой связи можно акцентировать внимание на перспективный авиадвигатель типа ПД-14, прошедший испытания и проходящий сертификацию (разработчик – ПАО «Авиадвигатель», головной изготовитель – ОАО «ПМЗ», оба из Перми) (рис. 2).



Рис. 2. Авиационный двигатель ПД-14

На его основе на ПАО «Авиадвигатель» разрабатывается двигатель большой мощности ПД-35, который планируется освоить в производстве к 2025 г.

По сравнению с современными серийными авиационными двигателями при разработке ПД-14 был сделан качественный рывок в основных параметрах, в том числе по степени двухконтурности (в 2 раза), температуре газа перед турбиной

(на 100 К), суммарной степени сжатия в компрессоре (на 20–50%). Все это обеспечивает снижение удельного расхода топлива на 12–16% и соответствие перспективным экологическим требованиям по шуму и эмиссии вредных веществ.

Указанный рывок был возможен благодаря применению передовых технологий проектирования. Были освоены новые уникальные технологии изготовления деталей и узлов нового двигателя [2], в частности, внедрена на «Пермском мо-

торном заводе» технология изготовления монокристаллических рабочих лопаток турбины из сплавов нового поколения с защитным керамическим покрытием второго поколения, что позволило поднять температуру газа перед турбиной до 2000 К.

ПД-14 конкурирует с перспективными продуктами аналогичного назначения лидеров мирового авиадвигателестроения: двигателями PW1400G (самолет МС-21) и PW1100G (самолет А320NEO) компании Pratt & Whitney, а также двигателями Leap-1 A (самолет А320NEO) и Leap-1 B (самолет В737 MAX) консорциума CFMI (компании General Electric и Snecma).

По заключению ГНЦ РФ ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова» двигатель ПД-14 не уступает конкурентам по сумме технико-экономических параметров. Комплексная оценка экономической эффективности двигателя ПД-14 в составе самолета МС-21, выполненная ОАО «НПК «Иркут», показала, что он конкурентоспособен в сравнении с двигателем PW1400G.

Создание такого двигателя означает, что государство успешно решило проблемы:

- создания шестикординатных прецизионных станков;
- переноса монокристаллической технологии в масштабы крупносерийного гражданского производства;
- математического моделирования и проектирования (всю САПР-технологии);
- стендового хозяйства;
- материаловедческого проектирования и локализации по всей ресурсно-технологической цепочке.

Кроме того, удалось реанимировать

инженерные школы по всей кооперации; техническую разведку в связке с СВР; патентную защиту против зонтичных технологий передовых стран.

На основании анализа характеристик двигателя ПД-14 отечественной разработки можно утверждать, что на сегодняшний день этот двигатель является наилучшим в своем классе, по характеристикам не уступающий лучшим мировым аналогам.

Надо отметить еще одну уникальную особенность создания ПД-14 – впервые в практике современного российского двигателестроения разработка конструкции велась «на заданную себестоимость». То есть стоимостные параметры учитывались при определении конструктивного облика двигателя, технологий его изготовления и обслуживания.

Технической особенностью ПД-14 является применение унифицированного компактного газогенератора (рис. 3), на базе которого в самом скором времени будет создано целое семейство новейших авиационных двигателей и промышленных газотурбинных установок.

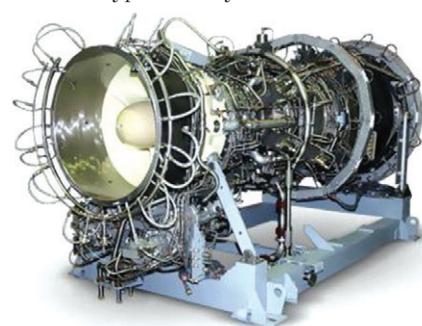


Рис. 3. Газогенератор двигателя ПД-14

Таким образом, на основе представленных выше аргументов можно утверждать, что наиболее предпочтительным способом создания перспективного корабельного газотурбинного двигателя 5-го поколения становится конвертация двигателя из самого современного на сегодняшний день в своем классе, не уступающего по характеристикам ведущим мировым аналогам авиационного двигателя типа ПД-14 или (и) разрабатываемого двигателя типа ПД-35.

Использование унифицированного газогенератора авиационного двигателя ПД-14 (ПД-35) позволит, не прибегая к дорогостоящим и длительным опытно-конструкторским разработкам, спроектировать и создать перспективные ГТД для кораблей ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров И. Сегодня мы строим новый «Сатурн». – <http://vtbrussia.ru/>, 15.08.2013.
2. Иноземцев А. Военно-промышленный курьер. Двигатель ПД-14 – будущее российского авиапрома о двигателе ПД-14. – <http://vpk-news.ru/articles/17206>. ■

Соосные гребные винты противоположного вращения (СГВ) – наиболее перспективный вид лопастных движителей: СГВ по гидродинамической эффективности превосходят одиночные гребные винты (традиционные движители) на 10–12% [1–3]. Таким образом, применение СГВ в качестве движителя на судах гражданского назначения, включая суда рыбопромыслового флота, является надежным и действенным средством энергосбережения. Движители многих типов судов (и в первую очередь, рыболовные суда) имеют два или более штатных режимов работы. Для рыболовных судов характерны свободный ход и режимы траления. При установке на судно одиночного гребного винта его максимальная гидродинамическая эффективность на нескольких режимах и согласование нагрузки винта с внешней характеристикой двигателя достигается применением винта регулируемого шага (ВРШ), винтами изменяемого шага (ВИШ) или электрической передачей мощности на гребной винт. Рассмотрим в этом аспекте особенности движителей типа СГВ противоположного вращения.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТИПА СГВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ МНОГОРЕЖИМНОЙ РАБОТЫ

Применение принципов устройства ВРШ для СГВ конструктивно затруднительно. Известная конструкция СГВ с ВРШ [4] не нашла применения из-за сложности устройства механизма изменения шага.

Предложенная в 2003 г. конструкция СГВ с ВИШ [5] отличается меньшей сложностью по сравнению с ВРШ. В движителях с ВИШ лопасти гребных винтов устанавливаются в ступицах с подвижным креплением таким образом, что с увеличением нагрузки шаг лопастей каждого из гребных винтов уменьшался как результат действия на них центробежной и гидродинамической силы. Этим достигается согласование нагрузки движителя с его внешней характеристикой. Однако и этот тип СГВ не нашел применения в современном судостроении. Причина – в том, что иностранные компании не владеют опытом проектирования ВИШ, а на российском рынке вследствие его ограниченности и консервативности ВИШ не востребован.

Конструкция движителей с электрической передачей мощности на СГВ (что обеспечивает передачу максимальной мощности движителю на всех его нагрузках) были предложены в виде судовых движительно-двигательных установок типа «поворотная колонка» на уровне изобретений в России в 1998 г. [6, 7].

Установка по патенту [6] оснащена двумя приводными электрическими двигателями, размещенными в гондоле, с передачей мощности к каждому из гребных винтов по отдельности. Для обеспечения максимальной гидродинамической эффективности СГВ или минимизации потерь должно выполняться равенство моментов M_1 и M_2 на переднем и заднем гребных винтах [8]. Это условие реализуется приводными электродвигателями, дополнительно оснащенными системой автоматического регулирования частоты вращения гребных винтов для достижения равенства моментов.

Установка по патенту [7] оснащена биротативным электрическим двигателем с вращающимися в противоположных направлениях статором, соединенным с валом одного винта, и ротором, соединенным с валом другого винта. Благодаря конструктивной особенности этого двигателя достигается равенство моментов на его якоре и статоре и, соответственно, на гребных винтах на любых нагрузках, при этом соотношение оборотов гребных винтов n_1 и n_2 устанавливается из условия равенства моментов $Q_1 = Q_2$. Биротативный электродвигатель может быть выполнен и с двумя вращающимися якорями (двухъякорный электродви-

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ СООСНЫХ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ ПРОТИВОПОЛОЖНОГО ВРАЩЕНИЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ

А.Р. Тогуниц, канд. техн. наук, зав. отделом АО «Гипрорыбфлот», Л.И. Вишневецкий, д-р техн. наук, проф., гл. научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр», контакт. тел. (812) 320 7079

гатель [9]). В конструкциях биротативных электродвигателей дополнительной системы регулирования частоты вращения гребных винтов не требуется. Равенство моментов на гребных винтах может наблюдаться и при наличии остаточной закрутки потока за СГВ различной направленности [8]. Однако и в этом случае гидродинамические потери минимизируются, что повышает гидродинамическую эффективность СГВ в широком диапазоне нагрузок.

Первая (в гражданском судостроении) практическая реализация движителя с СГВ и электрической передачей мощности была осуществлена в Японии 2004 г. под эгидой министерства земли, инфраструктуры и транспорта (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) [10]. Движительная установка с СГВ была предназначена для инновационного судна «The Super Eco-Ship», в которой гребные винты приводились во вращение двумя электродвигателями, размещенными в гондоле. Таким образом, конструкция этой установки соответствует устройству [6].

Кроме движителя типа «поворотная колонка» [10], СГВ с электрической передачей мощности были установлены в соответствии с классической компоновкой движительно-рулевого комплекса на судне снабжения «Juanita» [11, 12]. Судно было построено в 2013 г. на верфи Kleven Verft в Норвегии, а движительная установка разработана и поставлена фирмой «Scana Volda» (Норвегия) совместно с «Inpower» (ФРГ). Мощность электродвигателей СГВ составила 2300 кВт для переднего гребного винта и 1700 кВт для заднего.

В гражданском судостроении движительные установки с передачей мощности от биротативных электрических двигателей до настоящего времени не только не выпускаются, но и не разработаны. В то же время именно такой способ передачи мощности на СГВ является наиболее эффективным с учетом особенностей их гидродинамики.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СГВ С БИРОТАТИВНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Рассмотрим теоретическое обоснование гидродинамической эффективности работы СГВ с биротативным электродвигателем. Выражение для идеального КПД элементов СГВ η_{ir} , находящихся на радиусе r , имеет вид [8]

$$\eta_{ir} = \frac{V_A}{V_A + \frac{U_{A1}}{2} + \frac{U_{A2}}{2}} \frac{\omega r - \frac{(U_{T1} - U_{T2})^2}{2(U_{T1} + U_{T2})}}{\omega r}, \quad (1)$$

где V_A – скорость поступательного перемещения кольцевого элемента; ω – угловая скорость; U_{A1} , U_{A2} – аксиальные вызванные скорости от переднего и заднего гребных винтов; U_{T1} , U_{T2} – тангенциальные вызванные скорости от переднего и заднего гребных винтов.

Из (1) следует, что максимальный КПД СГВ достигается при $U_{T1} = U_{T2}$, т. е. при устранении остаточной закрутки потока за винтами на каждом радиусе. Это условие обеспечивает равенство распределенных моментных характеристик, а значит

и моментов Q_1 и Q_2 . Иными словами, необходимым условием достижения идеальными СГВ максимального КПД является сбалансированность по распределенным моментным характеристикам. Это условие достигается при проектировании СГВ на проектный режим.

Обратим внимание, что равенство моментов на гребных винтах $M_{i1} = M_{i2}$ может достигаться и при наличии остаточной закрутки ($\Delta U_T = U_{T1} - U_{T2}$) различной направленности, что иллюстрирует выражение для идеальных моментов [8]:

$$Q_{i1} - Q_{i2} = \int_0^R 2\pi r^2 \left(V_A + \frac{U_{A1}}{2} + \frac{U_{A2}}{2} \right) \times (U_{T1} - U_{T2}) dr = 0. \quad (2)$$

Представим КПД элементов СГВ в ином виде:

$$\eta_{ir} = \frac{V_A}{V_A + \frac{V_{A1}}{2} + \frac{V_{A2}}{2}} \frac{\pi \bar{r} - J \frac{(U_{T1} - U_{T2})^2}{2V_A(U_{T1} + U_{T2})}}{\pi \bar{r}}, \quad (3)$$

где $J = \frac{V_A}{nD}$ – относительная поступь ($n = \omega/2\pi$); $\bar{r} = r/R$ – относительный радиус СГВ.

На основании формулы (3) можно заключить, что влияние несбалансированности СГВ ($U_{T1} - U_{T2} \neq 0$) на КПД в большей степени сказывается при работе винтов на больших поступях. Сопоставление (1) и (3) с выражением η_{ir} для одиночного винта [13]:

$$\eta_{ir} = \frac{V_A}{V_A + \frac{U_A}{2}} \frac{\omega r - \frac{U_T}{2}}{\omega r} \quad (4)$$

показывает, что ΔU_T негативно влияет на КПД СГВ в меньшей степени, чем ΔU_T на КПД одиночного винта (у остаточной закрутки ΔU_T появляется множитель $\frac{\Delta U_T}{U_{T1} + U_{T2}} < 1$).

Таким образом, СГВ при передаче на них мощности биротативным электродвигателем обеспечат не только максимальную гидродинамическую эффективность на проектном режиме, но и минимальные потери на режимах, не соответствующих проекту. С увеличением относительного размера ступиц СГВ следует ожидать и более значительного увеличения положительного эффекта, особенно на швартовном и близких к нему режимах.

О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОПРОСАХ ВНЕДРЕНИЯ СГВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ

Несмотря на постепенное внедрение СГВ противоположного вращения на судах различных назначений (транспортных [10, 14], судов снабжения [11], грузопассажирских [15, 16], рыболовных [17]), применение биротативных электрических двигателей в качестве приводных на объектах гражданской морской техники, в отличие от морского оружия (торпед), неизвестно. Использование электрической передачи мощности на СГВ противоположного вращения посредством биротативных электродвигателей является перспективным техническим решением в целях энергосбережения и, несомненно, со временем станет распространенным в кораблестроении и судостроении, так как превосходит применяемые в настоящее время технические решения по гидродинамической эффективности. Основным препятствием для внедрения этого технического решения является отсутствие промышленных образцов судовых биротативных электродвигателей. Существующие нерешенные вопросы в области гидродинамики СГВ противоположного вращения при применении биротативных электродвигателей, а также работающих на больших нагрузках, обуславливают необходимость выполнения следующих работ:

- разработка методики модельного эксперимента с СГВ противоположного вращения при условии сохранения равномоментности гребных винтов во всем диапазоне относительных поступей;

- исследование гидродинамических характеристик СГВ противоположного вращения на больших нагрузках, включая швартовный режим, при условии равномоментности гребных винтов;
- разработка метода поверочного расчета СГВ противоположного вращения во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок, включая швартовный режим, при условии равномоментности гребных винтов.
- поиск оптимальных конструктивных решений движителей с СГВ противоположного вращения на больших нагрузках (характерных, например, для рыболовных судов на режимах траления);
- исследование гидродинамических характеристик движителей различных конструкций с СГВ противоположного вращения, приспособленных для работы на больших нагрузках;
- исследование работы СГВ на режимах реверса судна.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛЬНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СГВ С ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ ОТ БИРОТАТИВНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ

Рассмотрим методику модельного эксперимента с СГВ противоположного вращения. Модельные исследования судовых движителей являются наиболее достоверным и точным способом получения необходимой информации для их проектирования. Их выполняют на гидродинамических установках в опытовом бассейне или в кавитационной трубе и представляют в виде кривых действия переднего гребного винта $K_{T1} = f(J)$, $K_{Q1} = f(J)$ и заднего $K_{T2} = f(J)$, $K_{Q2} = f(J)$, где коэффициент упора $K_T = T/\rho n^2 D^4$, коэффициент момента $K_Q = Q/\rho n^2 D^5$ (T – упор гребного винта, Q – момент гребного винта, ρ – плотность воды, n – частота вращения гребных винтов, D – диаметр переднего гребного винта). В ходе стандартных испытаний СГВ в свободной воде (выполняемых при равных значениях n_1 и n_2) кривые действия для переднего и заднего гребных винтов строятся в функции от поступи $J = V_a/nD$ (где V_a – скорость набегающего потока на движитель), рассчитанной по одной частоте вращения $n = n_1 = n_2$, (рис. 1).

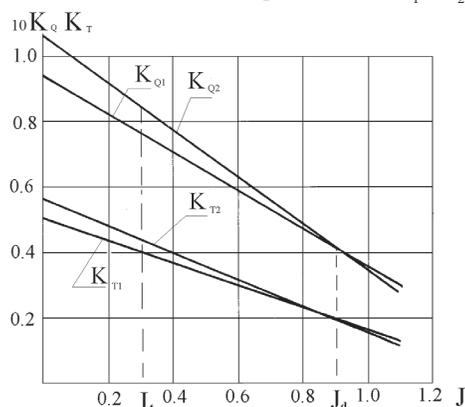


Рис. 1. Типовые кривые действия K_T – J и K_Q – J соосных гребных винтов противоположного вращения с механической передачей мощности; J_d – относительная поступь проектного режима, $Q_1 = Q_2$; J_d – относительная поступь режима с большой нагрузкой (траление), $Q_1 \neq Q_2$

Для расчета ходкости судна с конкретной парой СГВ результаты их модельных испытаний представляют в виде суммарных характеристик $K_{T\Sigma} = f(J)$ и $K_{Q\Sigma} = f(J)$, а частота вращения гребных винтов $n = n_1 = n_2$ на определенной скорости движения судна вычисляется с использованием значений коэффициента упора диаметра $K/d = D V_a \sqrt{(Q/T_\Sigma)} \quad (9) \quad (T_\Sigma = J / \sqrt{K_{T\Sigma}})$ (где ρ – плотность воды, T_Σ – суммарный упор СГВ, $K_{T\Sigma}$ – суммарный коэффициент упора СГВ).

При работе СГВ противоположного вращения с передачей мощности от биротативного электрического двигателя соотно-

шение частоты вращения гребных винтов n_1/n_2 изменяется в широком диапазоне нагрузок (вследствие равенства моментов на гребных винтах), что необходимо воспроизвести и в модельном эксперименте. Однако применяемое экспериментальное оборудование в опытовых бассейнах и кавитационных трубах, как правило, не позволяет это условие выполнить, так как приводные механизмы модельных СГВ обеспечивают только фиксированное соотношение n_1/n_2 . Кроме того, установки для испытаний СГВ включают динамометры, что усложняет реализацию произвольного значения n_1/n_2 .

В настоящее время возможность моделировать условия работы двигателя типа СГВ – биротативный электродвигатель позволяет установка кавитационной трубы специальных двигателей (КТСД) «Крыловского государственного научного центра». Установка КТСД оснащена двумя валами, смонтированными с выходом в рабочий участок с противоположных сторон контура трубы с автономными приводами. Такая компоновка исключает сложную конструкцию валопровода типа «вал в валу» и дает возможность задавать частоту вращения СГВ из условия достижения равенства моментов M_1 и M_2 , которые фиксируются раздельно динамометрами переднего и заднего гребных винтов. Рассмотрим форму представления результатов гидродинамических испытаний СГВ в кавитационной трубе при моделировании их работы с биротативным электродвигателем.

Во всем диапазоне нагрузок (кроме расчетного режима, на котором возможно условие $n_1 = n_2$) СГВ с биротативным электродвигателем будут работать на различных поступях $J_1 = V_d/n_1 D$ и $J_2 = V_d/n_2 D$, в том числе и в случае, если за характерный диаметр D будет принят диаметр переднего гребного винта. Это происходит при различных частотах вращения СГВ n_1 и n_2 вследствие равенства моментов на гребных винтах, поддерживаемого биротативным электродвигателем в силу его конструктивного устройства. Из равенства моментов Q_1 и Q_2 следует

$$K_{Q1} \rho n_1^2 D^5 = K_{Q2} n_2^2 D^5. \quad (5)$$

На нагрузках, несоответствующих проектной, происходит изменение влияния вызванных скоростей от переднего гребного винта на углы атаки элементов лопастей заднего гребного винта. В результате на нагрузках больших расчетной (см. рис. 1, например, работа на поступи большей J_d) при сохранении условия $Q_1 = Q_2$ частота оборотов заднего гребного винта уменьшится (тенденция к увеличению K_{Q2} компенсируется уменьшением n_2 , см. рис. 1) и СГВ будут работать при $n_1 > n_2$. На нагрузках меньше проектной будет наблюдаться обратная картина: СГВ будут работать при $n_1 < n_2$. В результате каждому непроектному режиму работы СГВ, в отличие от СГВ с механической передачей мощности при $n_1 = n_2$ (см. рис. 1), будут соответствовать различные значения поступей переднего J_1 и заднего J_2 гребных винтов. Причем отношение n_1/n_2 , как уже отмечалось, будет изменяться в зависимости от нагрузки.

Таким образом, форма представления результатов в виде зависимостей, показанных на рис. 1 и характерных для СГВ с механической передачей мощности, должна быть видоизменена и дополнена для дальнейших расчетов ходкости судна с подобным двигателем. В отличие от установки с механической передачей мощности на СГВ при работе с биротативным электродвигателем кривые действия заднего гребного винта смещаются по поступи по отношению к переднему и их использование, для оценки характеристик комплекса, становится затруднительным. Поэтому кривые действия заднего гребного винта можно не показывать или использовать их как вспомогательные. Наиболее рациональной формой представления результатов гидродинамических испытаний СГВ в рассматриваемом случае является их оформление в виде зависимостей суммарных значений коэффициентов упора $K_{T\Sigma} = (T_1 + T_2)/(\rho n_1^2 D^4)$ в функции от поступи $J = V_d/n_1 D$, принятой за поступи комплекса СГВ. За характерный диаметр двигателя целесообразно принять частоту вращения переднего гребного винта, а за характерный диаметр – диаметр передне-

го гребного винта. Кроме того, для полной информации как результат испытаний следует представлять кривые действия переднего гребного винта $K_{T1} = f(J)$ и $K_{Q1} = f(J)$, (рис. 2).

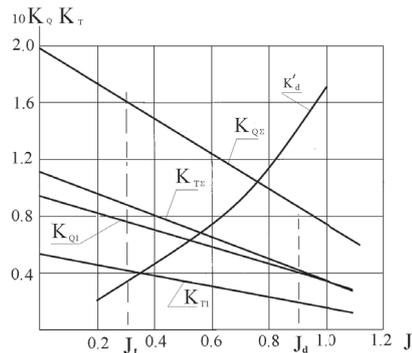


Рис. 2. Типовые кривые действия $K_T - J$ и $K_Q - J$ соосных гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности от биротативного двигателя; J_d – относительная поступи проектного режима, $Q_1 = Q_2$; J_1 – относительная поступи режима с большой нагрузкой (траление), $Q_1 = Q_2$

Кривую действия СГВ $K_{Q\Sigma} - J$ для случая $n_1 \neq n_2$ представить общепринятым способом (в отличие от СГВ при $n_1 = n_2$), характерным для одиночных гребных винтов, невозможно из-за разных значений поступей J_1 и J_2 . Рассмотрим предлагаемую форму представления суммарной моментной характеристики СГВ $K_{Q\Sigma} - J$, предварительно оценив способ вычисления их КПД.

Для одиночных винтов (и для СГВ при $n_1 = n_2$ при использовании суммарных значений коэффициентов упоров и моментов) выражение для КПД имеет вид

$$\eta_0 = K_T J / K_Q 2\pi. \quad (6)$$

Эта формула удобна при вычислении η_0 в ходе модельного эксперимента.

Однако для случая СГВ при $n_1 \neq n_2$ воспользоваться этим выражением невозможно, так как гребные винты соосной пары, как уже отмечено, будут иметь различные поступи. Вычисление КПД СГВ в ходе модельного эксперимента в общем случае при $n_1 \neq n_2$ (соответствующие угловые скорости $\omega_1 \neq \omega_2$) будет выполнено по формуле:

$$\eta_0 = T_\Sigma V_d / (Q_1 \omega_1 + Q_2 \omega_2). \quad (7)$$

Значение η_0 может быть вычислено непосредственно по данным динамометрических измерений суммарного упора СГВ T_Σ , моментов на гребных винтах Q_1 и Q_2 , а также их соответствующих угловых скоростей ω . Используя формулу (6) и данные по η_0 из модельного эксперимента, [см. формулу (7)], можно записать выражение для условного суммарного коэффициента момента СГВ:

$$K_{Q\Sigma} = K_{T\Sigma} J / \eta_0 2\pi, \quad (8)$$

где $J = V_d/n_1 D$ – поступи комплекса СГВ.

Кривая действия $K_{Q\Sigma} = f(J)$ наряду с $K_{T\Sigma} = f(J)$ и $\eta_0 = f(J)$ будут полностью представлять гидродинамические характеристики СГВ как цельного двигательного комплекса в традиционной форме.

При необходимости определения гидродинамических характеристик заднего гребного винта их несложно вычислить по данным представленным на рис. 2 с использованием величин частоты вращения заднего гребного винта n_2 , соответствующих поступи комплекса $J = V_d/n_1 D$.

Расчет ходкости судна с СГВ, используя предложенную форму представления результатов гидродинамических испытаний (см. рис. 2), не будет практически отличаться от расчетов по общепринятой методике. Единственным отличием будет то, что в результате расчета будет установлена частота вращения переднего винта, соответствующая установленной скорости движения судна и потребной мощности, а частота вращения заднего гребного винта потребует дополнительных вычислений.

Рассмотрим особенности расчета ходкости судна с СГВ противоположного вращения при использовании приводного биротативного электродвигателя. Расчет ходкости судна, как правило, выполняется по кривым действия гребного винта в свободной воде и данным по коэффициентам взаимодействия гребного винта с корпусом судна (попутному потоку w , коэффициенту засасывания t , коэффициент влияния неравномерности попутного потока на момент гребного винта i_q) в функции от нагрузки гребного винта (двигателя). Если в ходе самоходных испытаний модели судна устанавливается модель гребного винта, соответствующая по геометрии натурному гребному винту, то расчет ходкости можно выполнить непосредственно по измеренной тяге гребного винта. Особенности правил построения кривых действия СГВ будут определять и параметры при расчете ходкости. В случае выбранного диаметра D частота вращения переднего гребного винта n_1 на определенной скорости движения судна вычисляется с использованием значений коэффициента упора диаметра $K'_d = DV_a \sqrt{Q/T_\Sigma} = J \sqrt{K_{T\Sigma}}$, где ρ – плотность воды, T_Σ – суммарный упор СГВ, $K_{T\Sigma}$ – суммарный коэффициент упора СГВ, (рис. 2). Для каждой нагрузки K'_d (скорости движения судна) по зависимости $J = f(K'_d)$ определяется соответствующая поступь J , а по ней частота вращения переднего гребного винта n_1 . По известной поступи также определяется коэффициент полезного действия СГВ и, с использованием коэффициентов взаимодействия, потребная мощность для движения судна.

Вследствие различного взаимодействия переднего и заднего гребных винтов при механической передаче мощности и электрической передаче посредством биротативного электродвигателя кривые действия одной и той же пары СГВ как в одиночном действии, так и в суммарном $K_{T\Sigma} = f(J)$, $K_{Q\Sigma} = f(J)$ будут различны. Совпадение гидродинамических характеристик будет наблюдаться только на проектном режиме, если он выбран из условия равенства моментов на гребных винтах при равной частоте вращения гребных винтов $n_1 = n_2$.

В практике проектирования гребных винтов, как правило, используются данные испытаний серий их моделей в опытовых бассейнах или кавитационных трубах, которые представляют в виде диаграмм в форме Э.Э. Папмеля [18]. В настоящее время эти материалы служат для выбора основных элементов гребного винта и параметров его работы (диаметра, предварительного значения шагового отношения, частоты вращения на проектном режиме). На следующей стадии проектирования выполняется детальное определение геометрии гребного винта на основе теории несущей поверхности с учетом неравномерности потока за корпусом судна [19]. Существуют серии и для СГВ противоположного вращения [1]. Однако эти диаграммы построены при условии равенства частот вращения переднего и заднего гребных винтов $n_1 = n_2$ и не соответствуют кривым действия СГВ с передачей мощности от биротативного электродвигателя. При наличии моделей СГВ серии возможно проведение их повторных испытаний при условии равенства моментов на гребных винтах во всем диапазоне поступей $J = V_a/n_1 D$ и получения данных для построения соответствующих диаграмм. Таким образом, следует учитывать, что использование ранее разработанных серий СГВ, например [1], в случае передачи мощности биротативным электродвигателем для проектирования СГВ является некорректным.

Подход к проектированию новой серии СГВ, работа которых обеспечивается при равенстве моментов на гребных винтах, не отличается от проектирования традиционной серии СГВ, рассчитанной на механическую передачу мощности. А именно, выбираются три-четыре характерных режима по нагрузке для СГВ, и на эти нагрузки проектируются гребные винты из условия равенства моментов Q_1 и Q_2 . Возможен и вариант, при котором от базового проектного режима и соответствующей геометрии СГВ элементы серии выбираются конструктивно, например, по шаговому отношению H/D в большую и меньшую сторону от базовой пары. По кривым действия моделей СГВ (см. рис 2), снятых при $Q_1 = Q_2$ строятся диаграммы, а геометрические характеристики

СГВ с промежуточными (по отношению к модельным) гидродинамическими шаговыми отношениями H_1/D выбираются по интерполяционным диаграммам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует ожидать, что применение биротативного электродвигателя для передачи мощности на СГВ противоположного вращения повысит их гидродинамическую эффективность в широком диапазоне нагрузок. Детальное проектирование СГВ с электрической передачей мощности может быть реализовано после выполнения следующих научно-технических работ, относящихся к гидродинамике:

- разработка методики модельного эксперимента с СГВ противоположного вращения при условии сохранения равномоментности гребных винтов во всем диапазоне относительных поступей;
- исследование гидродинамических характеристик СГВ противоположного вращения на больших нагрузках, включая швартовный режим, при условии равномоментности гребных винтов;
- разработка метода поверочного расчета СГВ противоположного вращения во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок, включая швартовный режим, при условии равномоментности гребных винтов;
- проведение исследований на режимах экстренного торможения судна.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводская Е.Н. Вопросы проектирования и эффективность использования соосных гребных винтов на крупнотоннажных транспортных судах//Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова.– 1975.– Вып. 285.
2. Турбал В.К. Применение движителей новых типов на морских транспортных судах. Проблемы прикладной гидромеханики судна.– Л.: Судостроение, 1975.
3. Каприцев С.В., Сыркин Е.Н. Особенности проектирования соосных гребных винтов противоположного вращения для скоростных судов//Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова.– 1996.– Вып. (2) 286.
4. Nenad Flesch. Stern Tube Integrated Gear for Contra-Rotating Variable Pitch Propellers. International application PCT/HR2004/000017, Patent WO2005120944A1.
5. Вишневецкий Л.И., Оглоблин Ю.Ф., Тогуняц А.Р., Шляхтенко А.В., Форст А.А. Судовая движительная установка типа «поворотная колонка». Патент № 2248302.–Оф. бюллетень «Изобретения».–2003.–№ 8.
6. Бедекер В.Ф., Тогуняц А.Р. Судовая движительно-двигательная установка типа «поворотная колонка». Патент № 2115589.–Официальный бюллетень «Изобретения», № 20, 1998.
7. Бедекер В.Ф., Тогуняц А.Р. Судовая движительно-двигательная установка типа «поворотная колонка». Патент № 2119875.–Официальный бюллетень «Изобретения».–1998.– № 28.
8. Вишневецкий Л.И., Тогуняц А.Р. Корабельные лопастные движители: Новые технические решения, результаты исследований.– СПб: Судостроение, 2011.
9. Рубинраут А.М. Перспективы применения сверхпроводниковых электродвигателей для движения судов//Электричество.–1996.–№ 9.
10. The Super Eco-Ship. Class NK Magazin. 57th Edition.– 2005.
11. <http://www.ship-technology.com/projects/mv-januta-platform-supply-vessel/>
12. <http://scanapropulsion.com/products/contra-rotating-propulsion/>
13. Русецкий А.А., Жученко М.М., Дубровин О.В. Судовые движители.– Л.: Судостроение, 1971.
14. «Фунэ-нокагаку», 1988, vol.41, № 11, с. 42–46.
15. Levander Oskar. New concepts in Ferry Propulsion// Scandinavian Shipping Gazette.–2007.– September 28.
16. Ueda N., Oshima A., Unseki T., Fujita S., Takeda S., Kitamura T. The First Hybrid CRP-POD Driven Fast ROPAX-Ferry in the World. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd//Technical Review.– 2004.– Vol. 41.–№ 6. Dec.
17. <http://www.kamome-propeller.co.jp/en/ships/nipponmaru/>.
18. Русецкий А.А., Жученко М.М., Дубровин О.В. Судовые движители.– Л.: Судостроение, 1971.
19. Бавин В.Ф., Завадовский Н.Ю., Левковский Ю.Л., Мишкевич В.Г. Гребные винты. Современные методы расчета. – Л.: Судостроение, 1983. ■

В настоящее время задача по эффективному развитию территорий, морей и океанов с арктическим и субарктическим климатом стоит перед нашей страной очень остро. Для выполнения поставленных задач АО «Армалит» не только разрабатывает и изготавливает трубопроводную арматуру для объектов в Арктике, но и выполняет комплексные проекты в смежных областях.

В прежние времена были разработаны и применялись энергоемкие и достаточно габаритные решения обогрева трубопроводов для обеспечения стабильной и непрерывной работы различных технологических процессов с необходимыми параметрами. Специалисты АО «Армалит» предлагают комплексный подход к повышению эффективности и обеспечения безопасности обогрева трубопроводов на транспортных средствах и буксируемых объектах.



Рис. 1. Обледенение корпуса корабля

Для защиты трубопроводов от замерзания в холодное время при проектировании объектов следует предусматривать специальные меры, которые можно условно разделить на активные и пассивные. Система электрообогрева трубопровода (СЭТ) относится к активным мерам, но для повышения эффективности содержит в себе элементы пассивной защиты – изоляцию и экранирование. Особой защиты от замерзания требуют места перехода от более теплого помещения в более холодное. Отверстия, находящиеся несколько выше ватерлинии – бортовые патрубки, через которые с судна удаляют отработанные жидкости, наиболее сильно подвержены обмерзанию, а механически удалять образовавшиеся ледяные пробки весьма трудоемко и небезопасно.

Рассмотрим систему обогрева патрубков (СОП) как одно из возможных решений СЭТ. Основная функция СОП сформулирована так: при температуре воздуха за бортом -40°C гарантированно обеспечить на внутренней поверхности патрубка в месте установки устройства нагрева СОП температуру $+4^{\circ}\text{C}$. В базовой комплектации предусматривается автоматическое поддержание положи-

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ПОМОЩИ МУФТЫ-НАГРЕВАТЕЛЯ

М.А. Меньков, зам. главного конструктора по стандартизации, С.А. Белов, зам. главного конструктора по электроприводам – начальник конструкторского бюро по электроприводам, АО «Армалит», контакт. тел. (812) 459 4500, доб. 546, 459 4500, доб. 535

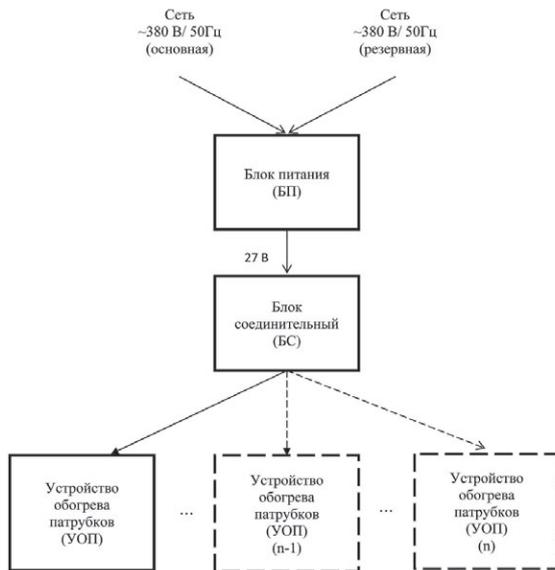


Рис. 2. Структурная схема системы обогрева патрубков

тельной температуры, поэтому регулировка или перенастройка в местах эксплуатации не требуются. Структурная схема СОП показана на рис. 2.

СОП предусматривает вариантность комплектации и формируется под заказ или проект. В любой сложной системе составные части, значит параметры системы будут связаны с параметрами составных частей.

Применение в конструкции СОП электрорадиоизделий, включенных в перечень ЭКБ-2018, и материалов с покрытиями стойких к морскому туману позволяет осуществлять поставку на объекты МО РФ и РМРС. Составные части, материалы и покрытия соответствуют требованиям ГОСТ РВ 20.39.309–98 при эксплуатации и ремонте. Компоненты СОП являются пожаростойкими и взрывобезопасными, не выделяют вредные для человека вещества. СОП соответствует требованиям государственных стандартов по безопасности: ГОСТ 12.1.004–91, ГОСТ 12.2.003–91. По способу защиты человека от поражения электрическим током СОП соответствует требованиям, предъявляемым к изделиям класса I по ГОСТ 12.2.007.0–75. Конструкция СОП

обеспечивает возможность соблюдения правил техники безопасности при сборке, разборке, монтаже и эксплуатации, а также общие требования техники безопасности по ГОСТ Р 53672–2009.

Несмотря на то, что, на первый взгляд, структура СОП достаточно проста и содержит минимальное количество элементов для обеспечения основной функции и всех требований, предъявляемых к конструкции, при проектировании необходимо было решить ряд непростых задач.

Для обеспечения требований электробезопасности питание устройства обогрева патрубков (УОП) осуществляется от источника питания 27 В постоянного тока. Такое решение далось нелегко, поскольку оно требует промежуточного преобразования энергии и большего сечения кабелей питания. В свою очередь, большее напряжение питания позволяет увеличить энергоэффективность (за счет снижения потерь на линиях питания), но требует включения в состав СОП дополнительных средств защиты и контроля сопротивления изоляции, так как повышается вероятность опасного электрического воздействия на персонал и оборудование.

Основным элементом системы является УОП. Основные части УОП и взаимное их расположение показаны на рис. 3.

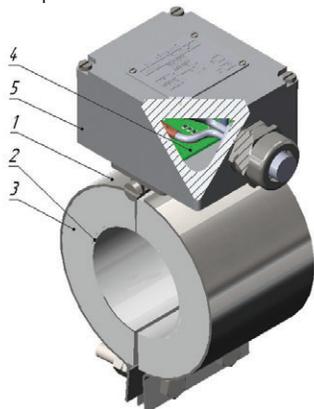


Рис. 3. Модель УОП

УОП состоит из корпуса 1 с установленным в нем нагревательными элементами 2, слоем теплоизоляции и экранирования 3. На специальной площадке корпуса крепится коробка выводов 5. Внутри коробки выводов установлена электронная плата схемы защиты от перегрева 4.

Поскольку УОП выполнено в виде полуразъемной муфты оно может быть быстро установлено и демонтировано с плотным прилеганием двух мягких и гибких нагревательных элементов к наружной поверхности трубы или патрубка. Теплопроводность, мягкость и гибкость нагревательного элемента обеспечивают распределение и максимальную теплопередачу тепла на неровную поверхность патрубка. Теплопроводящая часть нагревательного элемента выполнена из термостойкого двухкомпонентного эластичного теплопроводящего силиконового компаунда, а слой изоляции – из синтетического термостойкого низкомолекулярного каучука. На рис. 4 представлено УОП, предназначенное для установки на патрубок DN 100.



Рис. 4. Устройство обогрева патрубков (УОП) DN 100

На рис. 5 представлен пример одного из многих тепловых расчетов, выполненных на этапе НИР для определения оптимальной мощности нагревательного элемента для нагрева бортового патрубка DN 100.

Поскольку безопасность УОП как части СОП является наиболее важным показателем был проведен колоссаль-

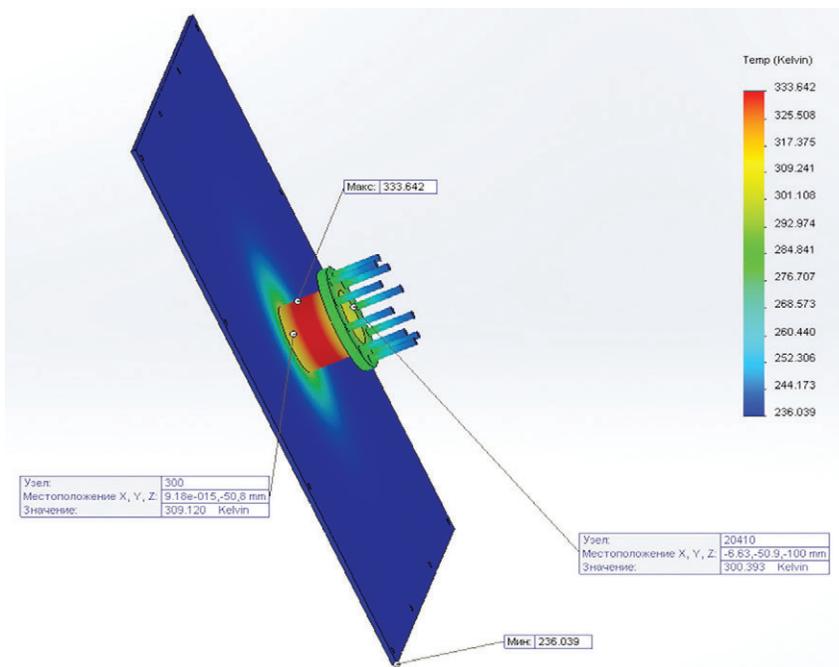


Рис. 5. Расчет температурного поля патрубка DN 100

ный объем испытаний с привлечением сторонних аккредитованных организаций, в том числе испытания с нагружением УОП на параметры с превышением рабочих характеристик. От начала НИР в 2015 г. испытания заняли половину времени. Было изготовлено более десятка опытных образцов, созданы два имитатора борта и закуплено оборудование для максимально жестких испытаний.

Серийно изготавливается УОП ИЮКЛ.681816.001 для патрубков с номинальными диаметрами DN 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150. Для установки УОП на трубопроводе необходим прямой участок длиной не более 100 мм. Если УОП правильно установлен, то ему не страшны ни влага, ни механическое воздействие. УОП по степени защиты от проникновения внутрь пыли и воды соответствует IP68 по ГОСТ 14254–2015.

БП и БС, включенные в состав СОП, – серийные изделия, выпускаемые по собственным техническим условиям. Ввиду того, что эти блоки предназначены для размещения в специальных местах (помещениях) на объекте, БП и БС имеют меньшую, чем УОП, защиту от проникновения внутрь пыли и воды. Для БС – это IP56, для БП – это IP 23. Внутренний состав и размеры БС и БП зависят от количества УОП и места размещения на объекте. При заключении договора на поставку СОП специалисты АО «Армалит» адаптируют существующие системы к проекту. Существующие блоки питания в базовой комплектации имеют следующие функциональные возможности:

- работа от двух независимых первичных сетей 3 ф, 380 В, 50 Гц с обеспечением гальванической развязки между ними;
- гальваническая развязка между це-

- пями «Сеть 1», «Сеть 2», «Выход»;
- дистанционное и местное управление;
- уровень промышленных помех по ГОСТ В 25803–91, группа 2.3.2;
- получение команд управления и выдача сигналов состояния преобразователя по интерфейсу RS-422;
- коэффициент мощности по входу не менее 0,8;
- защита входных электрических сетей от перегрузки и коротких замыканий;
- быстродействующая защита выходных цепей от пиковых токов перегрузки и токов короткого замыкания;
- защита от перегрева и превышения выходного напряжения;
- защита от снижения и превышения входного напряжения;
- возможность регулировки выходного напряжения;
- наличие системы самодиагностики.

Система обогрева патрубков – это частное решение, которое показывает возможности и способность АО «Армалит» развивать технологии и производство высокотехнологичных и технически сложных систем.

Как весь мир стремится к удобству, так и развитие систем электрического обогрева обеспечивает удобство в эксплуатации и больше возможностей при освоении территорий Крайнего Севера. Если нужны стабильность и непрерывность необходимых параметров трубопровода, АО «Армалит» готово спроектировать и изготовить системы обогрева для трубопроводов и аппаратов, насосов, резервуаров для хранения воды, нефти и нефтепродуктов, сепараторов и другого оборудования. Заинтересованных лиц приглашаем к сотрудничеству в этой области. ■

Перспективная комплексная система управления техническими средствами (КСУ ТС) предназначена для автоматизированного управления техническими средствами совместно с локальными системами управления (ЛСУ) в нормальных и аварийных режимах эксплуатации заказа, в том числе при борьбе за живучесть.

Автоматизируемые технические средства:

- главная энергетическая установка (ГЭУ),
- электроэнергетическая система (ЭЭС),
- комплекс технических средств (КТС), объединяющий общесудовые системы (ОСС), системы вспомогательной энергетической установки (ВЭУ) и энергетических установок (ЭУ),
- рулевые машины.

Основное оборудование поставляется с ЛСУ, которые реализуют функции пуска, останова, защиты и сигнализации объектов управления и контроля (ОУК), обеспечивая высокий уровень автоматизации ТС заказа.

Управление ТС выполняется операторами, которые размещаются за пультами управления (ПУ) ГЭУ, ЭЭС, КТС, центральной координирующей системы управления (ЦКСУ), ТС движения (ТСД).

Средства управления и операторы СУ размещаются в специально оборудованных местах, к которым относятся:

- командный пункт энергетики и живучести (КПЭЖ);
- запасной командный пункт энергетики и живучести (ЗКПЭЖ);
- пост дистанционного управления (ПДУ);
- ходовая рубка (ХР);
- местные посты управления (МПУ) – трюмные, пожаротушения и др.

Принципиальным отличием перспективной КСУ ТС является применение сетевых технологий, позволяющих создать комплексную систему, обладающую новыми характеристиками и качественными показателями.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКАХ КСУ ТС

К 2007 г., с которого начинается разработка конструкторской документации перспективной КСУ ТС, сетевые технологии уже применяются в системах управления различного назначения, и их основу составляют единые аппаратно-программные средства (АПС). Комплексная система управления [1] состоит из автономных функциональных СУ, выполненных как локальные сети с использованием стандартных межприборных средств обмена данными, которые по межсистемной магистрали объединяются в единую КСУ ТС.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, ген. директор,
С.Н. Сурин, канд. техн. наук, зам. ген. директора,
Б.В. Грек, д-р техн. наук, гл. конструктор,
 АО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»,
 контакт. тел. (812) 702 5974

Единство АПС заключается в применении для всех систем КСУ ТС одинаковой операционной системы реального времени, одинаковых средств взаимодействия с ОУК и следующих основных типов приборов:

- центральных ПУ для КПЭЖ и ЗКПЭЖ,
- станций локальных технологических (СЛТ) для связи с ОУК,
- местных пультов управления, панельных станций и т. п.

В качестве источников информации широко применяются стандартизованные датчики и сигнализаторы. Выбор исполнительных органов определяется спецификой ОУК. Особое внимание обращается на обеспечение унифицированных входов и выходов автоматизированных ТС и ЛСУ.

В состав КСУ ТС надводного корабля, как правило, входят СУ ГЭУ, СУ ЭЭС, СУ КТС, система управления движением (СУД), ЦКСУ и система централизованного питания (СЦП).

Функциональность этих систем обеспечивается уникальными ПУ со своими интерфейсами и эргономикой,

разрабатываемыми под задачи управления функциональными ТС. Специализированные средства индикации, контроля и управления на лицевых панелях ПУ придают индивидуальность функциональным системам, в соответствии с чем возникает необходимость в разнообразной подготовке операторов СУ.

Создание перспективной КСУ ТС базируется на межсистемной унификации АПС, и с применением сетевых технологий выполнена разработка структуры системы, приборов, программного обеспечения (ПО) и интерфейса операторов.

СТРУКТУРА ПЕРСПЕКТИВНОЙ КСУ ТС

Схематично на рис. 1 представлена структура КСУ ТС, в состав которой входят функциональные системы управления ГЭУ, ЭЭС, КТС, ТСД и ЦКСУ. Управление ТС осуществляется из КПЭЖ, ПДУ, ХР и МПУ, электропитание приборов КСУ ТС – от агрегатов бесперебойного питания (АБП), которые входят в состав СЦП и имеют аккумуляторную поддержку.

Центральное место в структуре перспективной КСУ ТС занимает единая сис-

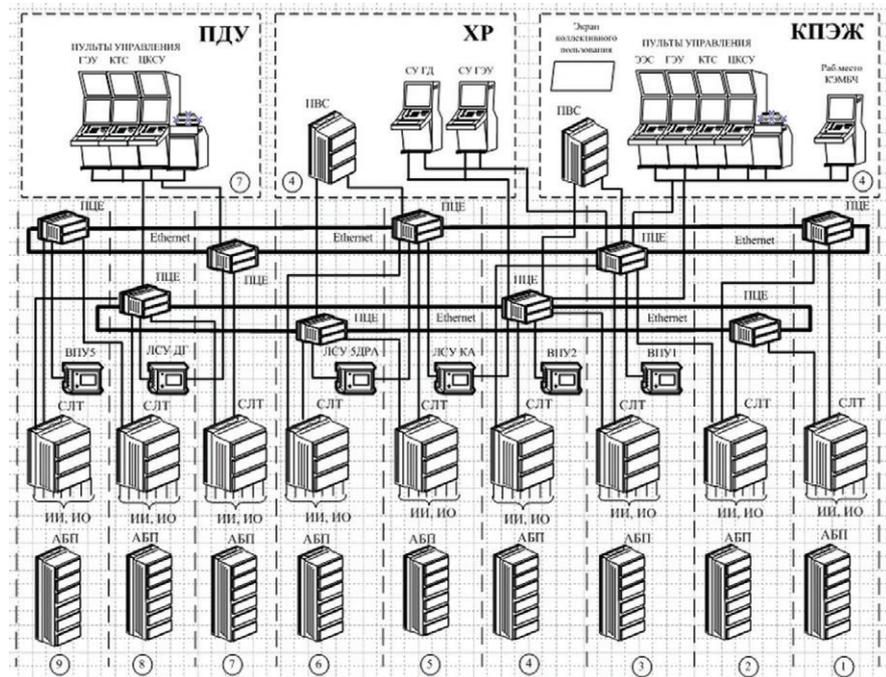


Рис. 1. Сетевая структура перспективной цифровой КСУ ТС

тема обмена данными (СОД). Два равнозначных оптоволоконных кольца (основное и резервное) СОД размещаются на разных (по высоте) уровнях корпуса корабля, проходят через все его отсеки и разделены на сегменты приборами центральными сети Ethernet (ПЦЕ) – коммутаторами. К коммутаторам (ПЦЕ) витыми парами подключены ПУ и СЛТ функциональных систем, ЛСУ главных двигателей (ГД), дизель-генераторов (ДГ) и другие абоненты. Абоненты первой категории подключаются через ПЦЕ к обоим кольцам СОД основными и резервными каналами связи. Абоненты второй категории подключаются к СОД одним каналом связи через ближайший ПЦЕ.

Обмен данными между вычислительными приборами функциональных систем, входящих в состав КСУ ТС, происходит по оптоволоконным магистралям высокой производительности. Оба кольца СОД непрерывно находятся в работе и обеспечивают работоспособность абонентов сети, в том числе абонентов первой категории по основным и резервным каналам связи при отказах до трех элементов СОД – приборов ПЦЕ и линий связи между ними.

Контроль загрузки сети, работоспособности СОД и передачи пакетов информации возлагается на два резервируемых прибора внешних связей (ПВС), к которым подключают внешние по отношению к КСУ ТС абоненты, в том числе другого сетевого стандарта.

Следует отметить, что через несколько лет после завершения разработки структурной документации на перспективную КСУ ТС в публикациях появились сообщения о создании систем управления на основе IPMS [2]. Отличительной особенностью этих СУ является наличие в составе единой СОД двух серверов (основного и резервного), в которых размещается ПО, данные и средства управления ими, а также результаты решаемых задач.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УНИФИКАЦИЯ ПО

Для перспективной КСУ ТС в обеспечение межсистемной унификации АПС разработаны универсальные ПУ и СЛТ, обеспечивающие управление разнообразными функциональными комплексами ТС ГЭУ, ЭЭС и КТС, контроль параметров и состояния ТС.

Создание универсального ПУ объясняет:

- отказаться от оборудования, встраиваемого в пульта управления, например, оригинальных средств управления ГД и ДГ, измерения сопротивления изоляции, разнообразных манипуляторов, переключателей и других устройств;
- разместить в ПУ программируемые модули – алгоритмические аналоги

встраиваемого оборудования, от которого решено отказаться;

- оставить в приборной части ПУ встраиваемое оборудование, от которого невозможно отказаться, с последующим подключением его к ОУК непосредственно или через внешние разъемы электромониторного комплекта ПУ;
- обеспечить рациональное сочетание универсальных средств представления информации и подачи команд управления, например, мониторов и сенсорных микропроцессорных панельных станций (МПС), клавиатуры и трекбола, размещаемых на наклонных и горизонтальных панелях ПУ.

Универсальный пульт с двумя мониторами и двумя МПС показан на рис. 2.



Рис. 2. Двухмониторный универсальный пульт управления

Для сенсорных МПС универсального ПУ разрабатывается специальное ПО, которое позволяет их использовать в качестве задатчиков назначенных ходов, синхроскопов и других функциональных устройств.

Универсальными в КСУ ТС являются СЛТ двух типов: один тип применяется в СУ ЭЭС, другой – в СУ КТС. Отличается друг от друга составом модулей для обработки функционально различных сигналов ЭЭС и КТС.

Сокращение разнообразия СЛТ стало возможным благодаря применению отсечного принципа подключения к СЛТ датчиков, сигнализаторов и исполнительных механизмов ТС. Так, СЛТ в СУ КТС обеспечивают контроль параметров и управление клапанами, насосами ОСС, ГЭУ, ВЭУ и систем ЭУ в пределах помещений, в которых они размещаются.

К межсистемной унификации АПС относится разработка единого ПО для вычислительных приборов КСУ ТС, которое реализует:

- в универсальных ПУ алгоритмы передачи команд, обработки и представления на средствах отображения поступающей информации,
- в универсальных СЛТ алгоритмы управления ТС и обработки поступающей информации.

Единое программное обеспечение КСУ ТС содержит ПО функциональных ТС и размещается в процессорном модуле, который применяется во всех ПУ и СЛТ. Загрузка ПО функциональных ТС в единый процессорный модуль проводится на основе концепции «виртуальных» приборов, разработанной в АО «Концерн «НПО «Аврора», система правил которого позволяет вести автономную разработку функционального ПО (ФПО) для каждой СУ и размещение ФПО различных систем управления в едином процессорном модуле без дополнительного программирования.

Универсальные приборы с единым ПО осуществляют сбор и обработку информации, контроль и управление разнообразными функциональными ТС ГЭУ, ВЭУ, ЭЭС и ОСС, регулирование по температуре, уровню и т.п. Преимуществами универсальных приборов являются единый конструктив, одинаковый модульный состав, электромонтаж, средства контроля и управления.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПУ

Режимы работы универсальных ПУ совпадают с наименованиями систем КСУ ТС: СУ ЭЭС, СУ ГЭУ, СУ КТС или ЦКСУ.

На рис. 3 представлен экран монитора универсального ПУ, который разделен на общие для всех СУ базовые области:

- панель режимов работы ПУ;
- зона постов управления;
- панель аварийных и предупредительных сообщений;
- основная область, в состав которой включены видеокадры (ВК) и панель навигации по ВК систем управления.

Панель режимов работы ПУ размещается вверху экрана монитора, оформлена в виде строки и содержит средства контроля состояния ТС и управления режимами работы ПУ, дату и время.

На панели режимов работы ПУ отображаются (слева направо):

- виртуальная клавиша УПР, предназначенная для перевода ПУ из состояния КОНТРОЛЬ/ПРОСМОТР в состояние ИСПОЛНЕНИЕ;
- «Вст» – обозначение «горячей» клавиши, нажатие которой на универсальной клавиатуре дублирует клавишу УПР и осуществляет перевод ПУ из состояния КОНТРОЛЬ/ПРОСМОТР в состояние ИСПОЛНЕНИЕ;
- информационные поля, поименованные СУ ЭЭС, СУ КТС и ЦКСУ, в которых записаны обозначения ПУ, размещаемых в КПЭЖ и ЗКПЭЖ.

ФПО универсального ПУ обеспечивает два состояния его работы:

- КОНТРОЛЬ/ПРОСМОТР, в котором осуществляется только контроль параметров и состояния ТС;

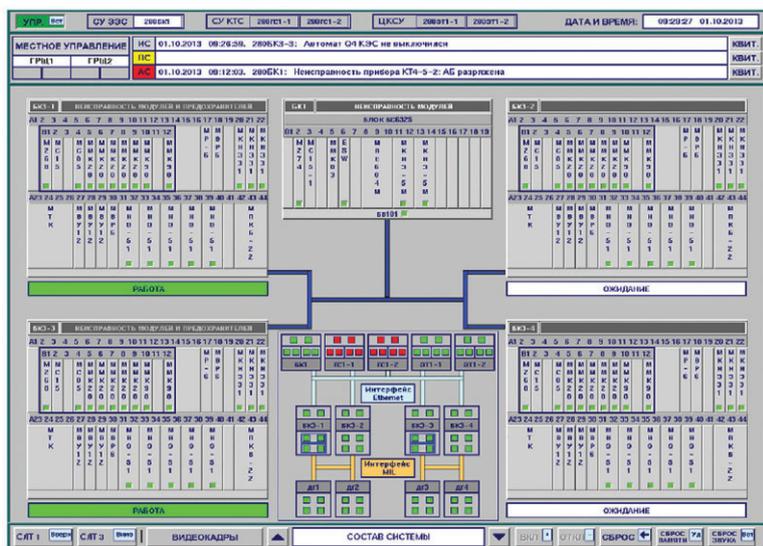


Рис. 3. Базовые области экрана монитора универсального ПУ

– ИСПОЛНЕНИЕ, в котором выполняется управление, контроль состояния и параметров ТС.

При подаче питания ПУ переходят в режимы, названия которых совпадают с наименованиями соответствующих систем, состояние КОНТРОЛЬ/ПРОСМОТР.

Зона постов управления размещается в левой части экрана монитора под панелью режимов работы ПУ и содержит строки, в которых размещаются виртуальные кнопки-табло управления и табло отображения состояния постов управления ТС. Их размещение и, соответственно, передача управления в зону постов производится в соответствии с назначенным приоритетом. Высшим приоритетом обладает пост, который отображается в нижней строке.

Панель аварийно-предупредительной сигнализации размещается в правой части экрана монитора под панелью режимов работы ПУ и содержит три информационных поля, которые соответствуют трем группам сообщений: аварийные (АС), предупредительные (ПС), информационные (ИС). Вывод сообщений в информационные поля производится автоматически активными ФПО процессорных модулей СУ. Сообщения автоматически удаляются, если соответствующие им сигналы «нормализованы» – устранены причины их появления.

Все ВК систем управления КСУ ТС подразделяются на две группы:

- общие, предназначенные для управления и контроля за общими ресурсами СУ и автоматизированными ОУК;
- функциональные, отображающие закономерности и специфику управления и контроля ТС ГЭУ, ЭЭС и КТС.

На рис. 3 представлен ВК «СОСТАВ СИСТЕМЫ», разработанный для СУ ЭЭС. Панель навигации содержит информационные поля, графические и текстовые элементы.

НОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Существующая организация службы на кораблях ВМФ обеспечивает эффективную работу операторов функциональных СУ, однако новая структура КСУ ТС с универсальными ПУ и единым ПО на основе межсистемной унификации АПС создает взаимозаменяемость постов управления ТС, которая ведет к новой организации управления в КПЭЖ и ЗКПЭЖ с изменением функциональных обязанностей операторов систем КСУ ТС.

Взаимозаменяемость постов управления ТС обеспечивается за счет обмена каждого вычислительного прибора КСУ ТС с остальными вычислительными приборами системы и передачи данных между приборами СУ по согласованным протоколам. При этом универсальный ПУ с единым ПО может работать в одном из трех перечисленных выше режимов на основе функционального и структурного резервирования в КСУ ТС, обеспечивая новую организацию управления в КПЭЖ и ЗКПЭЖ. Внешним проявлением такого обмена данными в КСУ ТС является возможность каждого оператора в КПЭЖ или ЗКПЭЖ управлять с универсального ПУ разнородными функциональными ТС ЭЭС и КТС.

В результате в единой структуре СОД КСУ ТС одновременно реализуются функции управления и контроля ТС ГЭУ, ЭЭС, ОСС, ВЭУ, ЭУ, ТСД и координированного управления ими. На общих ресурсах КСУ ТС, к которым относятся СОД и СЦП, реализуется распределенная база данных с передачей информационных потоков по сети в обоих направлениях.

НОВЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КСУ ТС

Технические решения, принятые при разработке систем управления ТС, обес-

печивают следующие основные характеристики перспективной КСУ ТС.

1. Снижение разнообразия аппаратуры СУ за счет универсальных ПУ и СЛТ, что обеспечивает удобство эксплуатации.
2. Взаимозаменяемость операторских постов в КПЭЖ и ЗКПЭЖ на основе функционального и структурного резервирования управления с универсальных ПУ с единым ПО.
3. Виртуальность создаваемых постов управления, поддерживаемую подключением универсальных ПУ к свободным разъемам приборов СОД в любом помещении заказа.
4. Высокую модернизационную способность систем в обеспечение расширения функций управления и контроля ТС за счет подключения к СОД новых абонентов.

5. Унификацию интерфейсов универсальных ПУ, которая сокращает время на подготовку операторов, способных выполнять функции управления и контроля разнообразными ТС.

6. Единообразие в подготовке операторов СУ за ПУ с унифицированными интерфейсами, снижающие расходы на обучение операторов СУ и поддержание ими «моторных» навыков управления.

7. Повышенную отказоустойчивость структуры КСУ ТС – до трех отказов элементов и линий связи СОД для абонентов первой категории за счет автоматической реконфигурации СОД.

8. Работоспособность автономных участков КСУ ТС, создаваемых множественными отказами элементов и линий связи СОД, при наличии электропитания и исправно работающих СЛТ.

9. Сокращение ЗИП для универсальных приборов и расходов на его хранение на этапе эксплуатации.

10. Повышение эффективности управления, снижение ошибок операторами СУ за счет унификации интерфейсов универсальных ПУ.

Практика эксплуатации перспективной КСУ ТС подтвердила перечисленные выше характеристики и качественные показатели, что позволяет утверждать о создании систем управления техническими средствами нового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грек Б.В., Сурич С.Н. Комплексная система управления техническими средствами «Фауна» малого артиллерийского корабля «Астрахань» // Морская радиоэлектроника. – 2007. – № 2 (20). – С. 36–41.
2. Фоминских Л.С., Иванов А.К. IPMS – шаг к комплексной автоматизации корабля как платформы // Национальная оборона. – 2011. – № 6. – С. 17–33.
3. Взаимозаменяемость рабочих мест операторов в интегрированных системах управления техническими средствами надводных кораблей // Информационно-управляющие морские системы. – М.: ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», 2014. – С. 50–63. ■

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на постоянно растущую степень автоматизации процессов управления и контроля, роль человека в системе «экипаж–корабль» по-прежнему высока, а при принятии решений, особенно в аварийных и нестандартных ситуациях, является определяющей. Анализ алгоритмов управления даже в нормальных условиях эксплуатации показывает, что окончательные операции, связанные с вводом управляющих воздействий и контролем их отработки автоматикой, выполняются корабельными операторами. Таким образом, подавляющее большинство алгоритмов является комплексным, а системы управления – человеко-машинными.

Исторически сложилось так, что многие прикладные дисциплины, например, теория надежности, техническая диагностика, теория автоматического управления и т. п., развивались без учета человеческого фактора.

Появившаяся сравнительно недавно эргономика как прикладная наука, направленная на развитие человеко-машинных систем, добила определенных успехов, но ее практическое влияние на качество конечного продукта оставляет желать лучшего. Это касается прежде всего таких характеристик, как надежность и эффективность.

В эргономике, благодаря усилиям научной школы доктора технических наук, профессора А. И. Губинского и его учеников, создан аппарат теории функциональных сетей применительно к эргатическим системам [1].

С другой стороны, теория управляющих автоматов накопила большой арсенал моделей, обладающих обширной способностью формализации, а главное – значительно упрощающих процесс программирования. Авторы имеют в виду научную школу, возглавляемую доктором технических наук, профессором А. А. Шальто [2], методология которого использована в данной статье.

При совместном анализе выявлена большая математическая общность обоих направлений, которая базируется на графе переходов состояний системы.

Целью данной статьи является показ возможности использования перечисленных подходов для создания обобщенных моделей корабельных систем управления, учитывающих как техническую составляющую, так и специфику человеческого звена.

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассмотрим алгоритм управления пуском и остановкой насоса при работе оператора с сенсорным экраном. Специфика такой работы заключается в том, что моторные органы управления и средства отображения информации

РАЗРАБОТКА ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ДЕЙСТВИЙ ОПЕРАТОРА НА ОСНОВЕ ГРАФА ПЕРЕХОДОВ

В.В. Кобзев, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,
А.П. Чернёв, инженер 1-й категории,
АО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»,
контакт. тел. (812) 610 1109

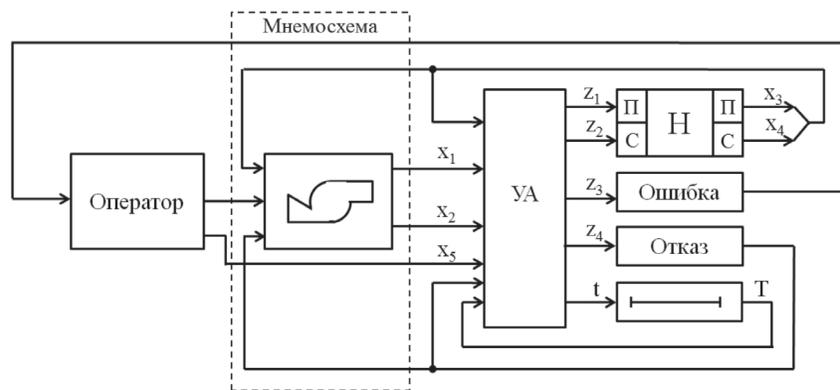


Рис. 1. Схема связей «оператор–источник информации–управляющий автомат–мнемосхема–исполнительные устройства–насос»

x_1 – пуск, x_2 – стоп, x_3 – сигнализация пуска, x_4 – сигнализация остановки, z_1 – пуск (П), z_2 – стоп (С), z_3 – ошибка оператора, z_4 – отказ технических средств, $T(t)$ – технологическая задержка, x_5 – сброс ошибочного действия, Н – насос, УА – управляющий автомат

совмещены и управление производится прямо с мнемосхемы кнопками мнемознаков [3]. Схема связей оператора с объектом управления показана на рис. 1.

Алгоритм состоит из следующих операций:

- на мнемосхеме найти мнемознак насоса;
- нажать кнопку мнемознака;
- насос пускается (при этом мнемознак мигает);

- после выхода насоса на номинальную частоту мнемознак загорается зеленым цветом и сигнал пуска снимается;
- проконтролировать пуск насоса. Если насос запустился, то алгоритм заканчивается. Если произошла ошибка, то нажатием на мнемознак надо сбросить ошибочный сигнал. Операция поиска повторяется.

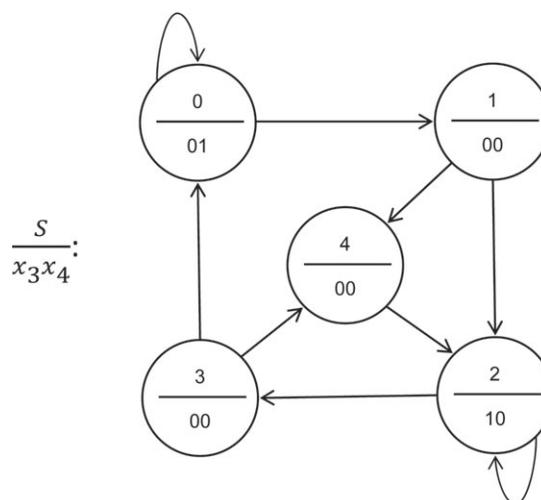


Рис. 2. Граф информационной части с переходами

0 – мнемознак горит белым цветом (исходное состояние), 1 – мнемознак мигает (насос пускается), 2 – мнемознак горит зеленым цветом (насос пущен), 3 – мнемознак мигает (насос останавливается), 4 – ошибка в выборе мнемознака, 5 – мнемознак горит белым цветом (исходное состояние)

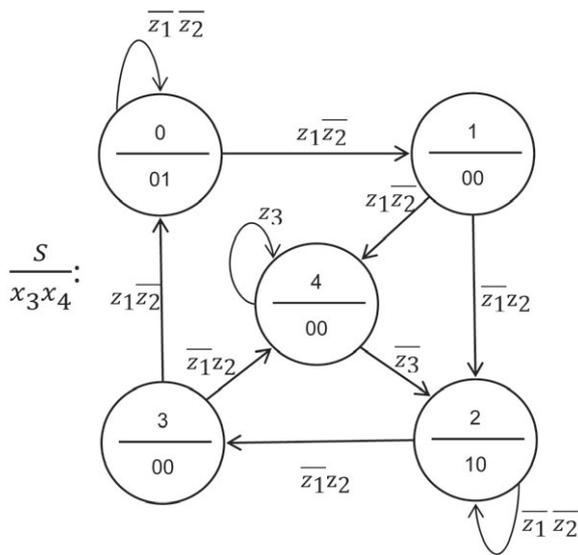


Рис. 3. Граф информационной части с весами дуг

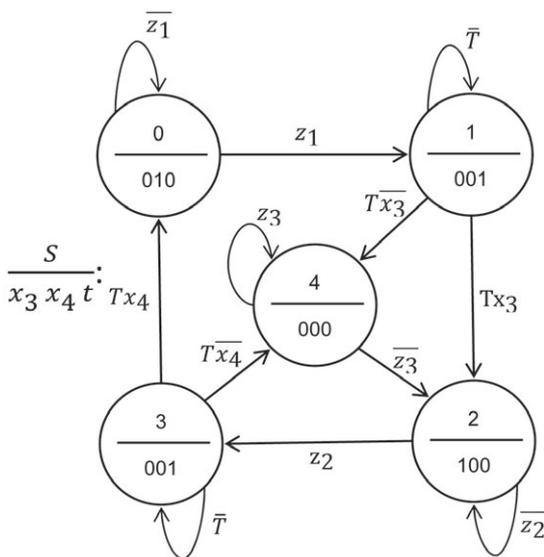


Рис. 4. Граф переходов модели информационной части ОУ

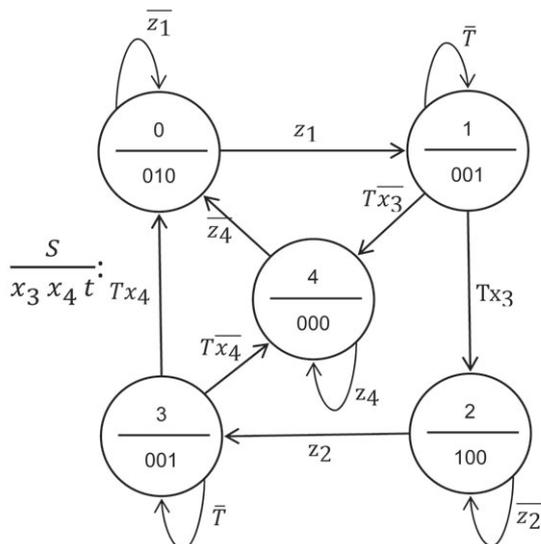


Рис. 5. Граф переходов модели технической части ОУ
 0 – насос стоит, 1 – насос запускается, 2 – насос работает, 3 – насос останавливается, 4 – насос остановлен, z_4 – сигнал отказа технических средств, переводящий ОУ из состояния 4 в состояние 0 – остановка насоса

В данном случае под ошибкой понимается неправильный выбор мнемознака. В исходном положении мнемознак горит белым цветом (насос стоит).

Для оператора, находящегося на пульте, объектом управления (ОУ) является мнемосхема. Поэтому ОУ рассматривается состоящим из двух частей: информационной и технической. Соответственно разрабатываются две модели и производится их комплексирование.

Построение графа переходов для моделей ОУ и управляющего автомата выполнено в соответствии с методикой, изложенной в работе [2].

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Состояния мнемознака насоса и соответствующие им вершины в графе переходов имеют следующий содержательный смысл: состояние «5» совпадает с исходным и в дальнейшем не рассматривается.

Условимся считать, что технические средства при этом исправны. Присвоим каждому состоянию двоичный код и обозначим дугами допустимые переходы.

С введением допустимых переходов граф будет иметь вид, показанный на рис. 2, где S – состояния.

С учетом значений переменных, подаваемых на входы средств представления информации (в нашем случае это мнемосхема), граф объекта с переходами (рис. 2) будет иметь вид, показанный на рис. 3.

По графу (см. рис. 3) строится граф переходов модели информационной части объекта с учетом запаздывания отработки управляющего воздействия из-за инерционности насоса (рис. 4).

МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Помимо средств представления информации (мнемосхемы) в реализации алгоритма участвуют технические средства: источники информации, управляющий автомат, исполнительные элементы и насос (см. рис. 1).

Опуская промежуточные рассуждения, приведем граф переходов модели технической части объекта управления (рис. 5).

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Обобщенная модель ОУ является результатом комплексирования двух моделей, представленных на рис. 4 и рис. 5.

Как показывает анализ графов переходов моделей информационной и технической частей ОУ, смена состояний в них происходит по одним и тем же сигналам x_3 и x_4 (см. рис. 1). Инерционность насоса по сравнению с временем прохождения сигнала на мнемосхему

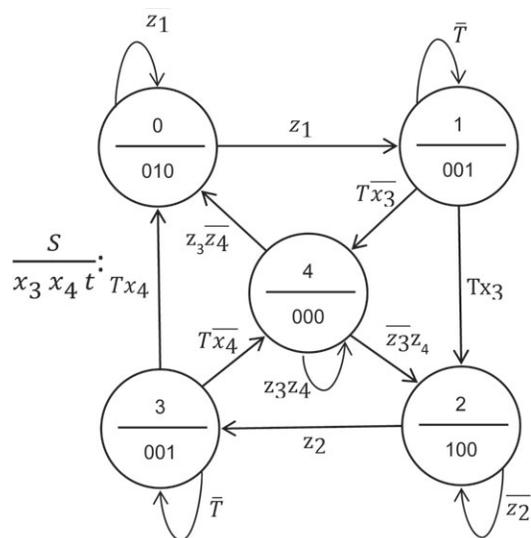


Рис. 6. Граф обобщенной модели объекта управления (ОУ)

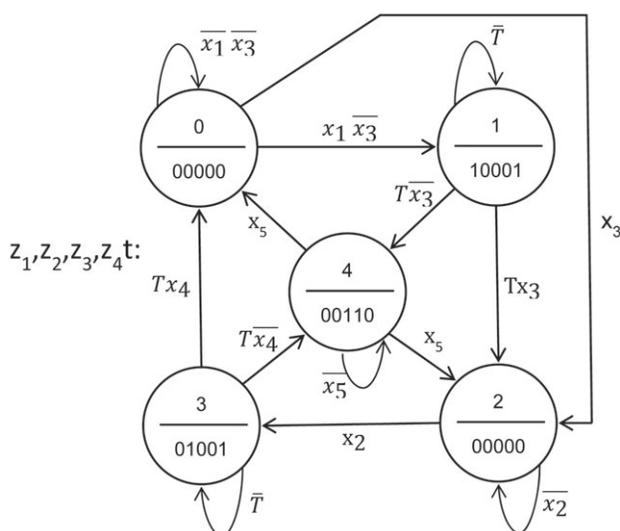


Рис. 7. Граф переходов YA: x_3 – связь для устранения возможного несоответствия начальных состояний YA и ОУ

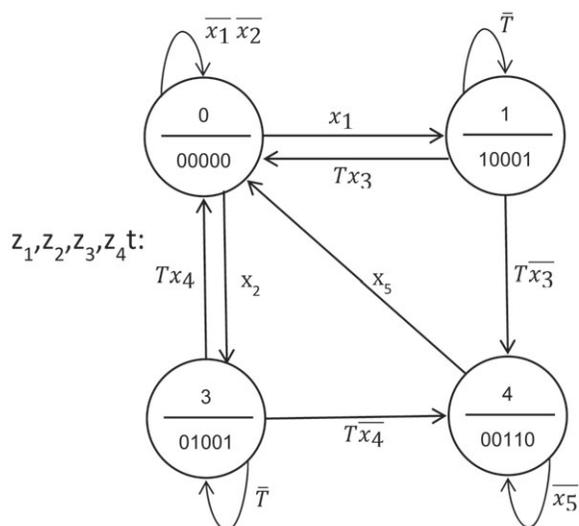


Рис. 8. Граф переходов YA с объединенными вершинами

несравнимо выше, что позволяет ввести одну и ту же временную задержку – $t(T)$.

Таким образом, состояния 1 и 3 имеют время переходного процесса T .

Состояния 0, 1, 2 и 3 и побуждающие их сигналы идентичны. Графы пе-

редходов (см. рис. 4 и рис. 5) различаются только состоянием 4.

В графе информационной части ОУ состояние 4 обусловлено ошибкой оператора; в графе технической части ОУ – отказом ТС.

С целью исключения неопределенности в логике функционирования YA, принято следующее ограничение: ошибка и отказ не могут произойти одновременно.

С учетом принятого ограничения граф обобщенной модели ОУ представлен на рис. 6.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЮЩЕГО АВТОМАТА

Состояния YA должны соответствовать состояниям ОУ. Они имеют следующий физический смысл: 0 – насос стоит; 1 – насос пускается; 3 – насос останавливается; 2 – насос пущен; 4 – ошибка или отказ, но не оба вместе.

Граф переходов YA показан на рис. 7.

Как видно из рис. 7, вершины с номерами 0 и 2 можно объединить. Тогда получим рис. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход корабельных систем управления на цифровой формат сместил центр тяжести их разработки на этап программирования алгоритмов. Форма представления алгоритмов, таким образом, должна быть максимально удобной для процесса создания программного обеспечения. Сама же форма представления зависит от многих факторов, в том числе и субъективных.

Очевидно, что автоматное представление не является единственно возможным. Не претендуя на абсолютизацию автоматного подхода, отметим его основные положительные качества, а именно: простоту и наглядность представления в виде графа переходов; универсальный математический аппарат описания процессов управления и контроля; возможность учета действий оператора с введением в модель типовых ошибок и отказов технических средств; описание алгоритмов с помощью конечного автомата сходно с технологией программирования.

Предлагаемый подход дает возможность представить взаимодействие оператора с техническими средствами в компактной и удобной для дальнейшего программирования форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука. 1982. – 270 с.
2. Шальто А.А. SWITCH – технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. – СПб.: Наука. – 1998. – 628 с.
3. Кобзев В.В., Чернёв А.П. Моделирование управляющих действий оператора при работе с сенсорным экраном // Морской вестник. – 2017. – № 3 (63). – С. 83–88. ■

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВОМ ЖИВУЧЕСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ю.И. Стекольников, д-р техн. наук, проф.,
ст. науч. сотрудник ОАО «Маяк»,
контакт. тел. (812) 583 2716, +7 (921) 405 9870

Методология решения проблем синтеза корабельных систем (КС) при обеспечении свойства живучести, предполагает реализацию определенной последовательности действий, основанных на результатах научного поиска в области анализа данного свойства структурных систем (S-систем) [3]. Модельное представление и методический аппарат оценки показателей свойства живучести S-систем составляют фундаментальные положения для формирования научных основ постановки и решения задач синтеза живучих КС. Очевидно, продуктом практического приложения теоретических основ синтеза живучих КС является совокупность требований, выполнение которых обеспечивает данное свойство на заданном или достижимом (с учетом ограничений) уровне. Требования формируются по результатам решения соответствующих задач, которые могут быть поставлены, если:

- обоснован с учетом потребностей практики подход к решению задачи синтеза КС, обладающей свойством живучести в конкретных условиях эксплуатации;
- определена область возможных вариаций в облике и характеристиках КС;
- оговорены приемлемые для практики условия и ограничения, с учетом которых задачи синтеза живучих КС могут быть поставлены и решены.

Разработка подходов к решению задач синтеза живучих КС предполагает поиск и формулирование ряда устойчивых взглядов (принципов) на возможность эффективного управления свойством живучести систем, на конкретные способы их реализации, а также постановку и решение оптимизационных задач (рис. 1):

Потребность разработки множественных подходов к решению задач синтеза живучих систем определяется потребностями практики осуществления данного процесса. Так, принимаемые в ходе эксплуатации систем решения, направленные на повышение живучести, могут основываться на ряде принципиальных положений, реализация которых всегда даст положительный эффект и не требует каких-либо обоснований и расчетов. Эти *принципы* могут быть оформлены в виде статей соответствующих нормативных документов, организую-

щих процесс совершенствования КС. С позицией автора о данных принципах можно познакомиться в статье [4].

В процессе реализации новых проектов КС внедряются обоснованные наукой те или иные *способы* обеспечения живучести, представляющие собой достаточно подробные разработки, основанные, как правило, на комбинировании ряда принципов. Внедрение научно обоснованных способов позволяет достичь не только положительного, но и предсказуемого эффекта в совершенствовании систем.

Постановка и решение *задач оптимизации* КС по критерию живучести преследует двоякую цель. Как правило, это проектирование систем с заданным (при минимальных затратах) или достижимым (в условиях ограничений) свойством живучести. Полученные оптимальные решения могут служить основанием для выявления эффективных способов и принципов обеспечения живучести КС различных типов.

Разработка рассмотренных подходов к решению задач синтеза живучих КС предполагает предварительное выявление области исследования, т.е. тех структурных, конструктивных или организационных компонентов систем, которые могут варьироваться. При этом следует иметь в виду, что свойство живучести КС имеет второстепенное (не главное) значение в сравнении с назначением, готовностью и эффективностью использования. Такой подход следует считать правильным, имея в виду, что придание КС качеств сверх заданной цели функционирования сопровождается развитием системы за счет различных видов избыточностей (массовых, объемных, энергетических и др.).

Чаще всего избыточности не имеют прямого отношения к функциям назначения, и их добиваются в интересах надежности, отказоустойчивости и живучести КС. Так, обеспечение потребной стойкости элементов системы к внешним

воздействиям достигается их защитой (бронированием, экранированием, амортизацией и др.). При этом защита всех элементов КС часто нереальна по материальным (или массогабаритным) соображениям, да и нецелесообразна. Приемлемый эффект в обеспечении живучести системы может быть достигнут защитой определенной части ее элементов, обладающих наибольшим «весом» или «значимостью» в структуре. Поиск таких элементов и определение достаточной степени их защищенности представляет актуальную научную задачу.

Следует признать, что вариации параметров стойкости и значимости элементов в структуре КС не исчерпывают список технологий управления свойством живучести систем. Существенные возможности решения рассматриваемой проблемы представляют избыточности в виде подсистем адаптации и восстановления пораженных КС. Однако данные разделы теории живучести систем пока практически не разработаны и составляют актуальные направления научных исследований. С учетом сказанного рассмотрим возможности управления свойством живучести путем влияния на стойкость и структурную избыточность элементов назначения КС.

Рассмотрим возможные варианты комбинаций свойств элементов систем, влияющих на их живучесть:

- ССЗ – элемент обладает высокой стойкостью и структурной значимостью;
- СНЗ – элемент обладает высокой стойкостью и низкой структурной значимостью;
- НСЗ – элемент обладает низкой стойкостью и высокой структурной значимостью;
- ННЗ – элемент обладает низкой стойкостью и низкой структурной значимостью.

Очевидно, элементы со свойством СНЗ должны рассматриваться как цель тех мер, которые планируются для обеспечения свойства живучести. Действительно, система, построенная на элементах высокой стойкости и низкой структурной значимости, будет неуязвима. Система же, построенная на элементах, обладающих низкой стойкостью и высокой структурной значимостью, является уязвимой, т.е. не обладающей свойством живучести.

Естественно, меры, направленные на изменение свойств элементов от НСЗ к

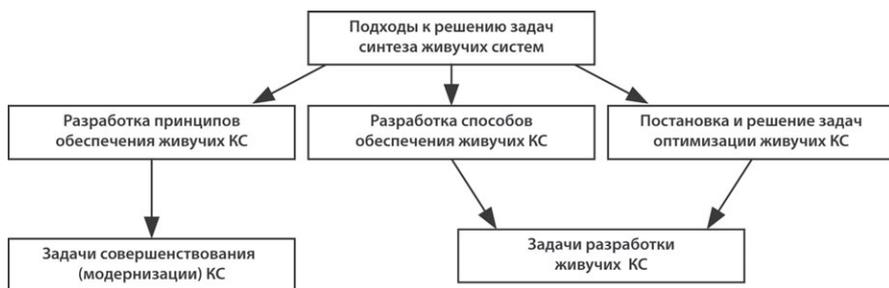


Рис. 1. Возможные подходы к решению задач синтеза живучих систем

НСЗ, следует считать конструктивными и наиболее эффективными.

Решение данной задачи связано с необходимостью разработки эффективного способа поиска в структуре КС элементов с НСЗ и отыскания среди них «определяющего», т.е. такого элемента, который составляет уязвимое место системы (своего рода ахиллесову пяту).

Поиск в структуре системы элементов со свойствами НСЗ представляет задачу их идентификации с учетом двух параметров: стойкости (q) и структурной значимости (Z). Назовем элементы системы со свойствами НСЗ *значимыми*. Очевидно, если есть возможность оценить стойкость и структурную значимость элемента, то существует принципиальная возможность формирования некоторого показателя Π , значения которого переводили бы анализ элементов на значимость в плоскость количественных оценок.

Стойкость элементов систем различного назначения в заданных условиях внешних воздействий может быть рассчитана. Методики оценки показателей стойкости элементов разработаны [3], и их использование не вызывает принципиальных трудностей как в «ручном» исполнении, так и с помощью программных средств.

Вычисление показателя структурной значимости элемента также не представляет большого труда [1,2], если разработана функция состояний способности КС $G(q_i)$, где $i = 1, 2, \dots, n$ – число элементов системы. Тогда

$$Z_i = \frac{dG(q_i)}{dq_i} = G(q_i = 1) - G(q_i = 0). \quad (1)$$

Здесь $G(q_i = 1)$ и $G(q_i = 0)$ – значения функции состояний способности системы при абсолютной стойкости i -го элемента и когда стойкость элемента равна 0, соответственно.

Для уяснения данной процедуры рассмотрим числовой пример на основе КС, структура которой представлена на рис. 2.

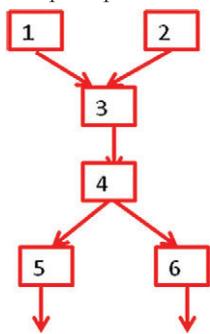


Рис. 2. Структура КС

Функция состояний способности КС имеет вид

$$G(q) = G_1(q) + G_2(q)(1 - G_1(q) + G_3(q) \times (1 - G_1(q)(1 - G_2(q) + G_4(q) \times (1 - G_1(q)(1 - G_2(q)(1 - G_3(q)))))) \quad (2)$$

где $G_1(q) = q_1 q_3 q_4 q_5$; $G_2(q) = q_1 q_3 q_4 q_6$; $G_3(q) = q_2 q_3 q_4 q_5$; $G_4(q) = q_2 q_3 q_4 q_6$.

Допустим: $q_1 = 0,8$; $q_2 = 0,7$; $q_3 = 0,6$; $q_4 = 0,9$; $q_5 = 0,5$; $q_6 = 0,5$.

Тогда с учетом (1) $Z_1 = 0,31$; $Z_2 = 0,29$; $Z_3 = 0,8$; $Z_4 = 0,64$; $Z_5 = 0,39$; $Z_6 = 0,39$.

Заметим, что функция Z_i не зависит от текущего значения показателя стойкости i -го элемента и, следовательно, характеризует только его структурную значимость.

Степень влияния на показатель живучести КС величины стойкости и структурной значимости их элементов можно исследовать с помощью выражения для показателя значимости Π_i .

В монографии [3] доказано, что показатель значимости i -го элемента системы может быть вычислен с помощью выражения

$$\Pi_j = Z_j(1 - q_j). \quad (3)$$

Для условий примера:

$$\Pi_1 = 0,06; \Pi_2 = 0,08; \Pi_3 = 0,48;$$

$$\Pi_4 = 0,57; \Pi_5 = 0,19; \Pi_6 = 0,19.$$

В задачах синтеза живучих КС важное значение имеет ряд элементов, ранжированных по убыванию показателя значимости:

$$\Pi_j > \Pi_{j+1}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Для условий примера ряд (4) имеет вид, показанный на рис. 3.

Очевидно, защита или дублирование элемента, имеющего наименьший номер в ряду (4), является наиболее эффективными мерами обеспечения живучести системы, реализуемыми на уровне элементов.

Анализ выражения (3) дает возможность установить, что «чувствительность» показателя значимости Π_i к величине стойкости и структурной значимости элемента системы практически одинакова. Однако данное заключение справедливо только в том случае, если задача синтеза живучих КС решается без каких-либо ограничений на расход ресурсов. Если такого рода ограничения существуют, то определяющий элемент выбирается из ряда (4) с учетом возможных (допустимых) вариаций его параметрами.

Если ограничения на ресурсы (массовые, габаритные, компоновочные и др.) не существуют, то проблемным остается решение – дублировать или защищать элементы КС, имеющие наименьшие порядковые номера в ряду (4).

Решение о защите или дублировании элементов может быть обосновано в результате сравнения чувствительности показателя значимости к структурным преобразованиям K_i и к защите $K_{q,i}$.

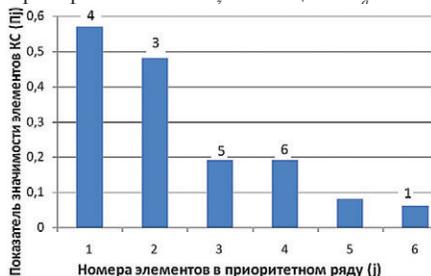


Рис. 3. Приоритетный ряд элементов КС

С учетом (3)

$$K_{Z,i} = \frac{d\Pi_i}{dZ_i} = 1 - q_i; \quad (5)$$

$$K_{q,i} = \frac{d\Pi_i}{dq_i} = -Z_i. \quad (6)$$

Очевидно, следует отдать предпочтение защите элемента, нежели его дублированию, если

$$|K_{Z,i}| \leq |K_{q,i}|. \quad (7)$$

Следствием реализации данного способа является снижение величины показателя значимости элементов, за счет его дополнительной защиты.

Если неравенство (7) приобретает вид обратного неравенства

$$|K_{Z,i}| \geq |K_{q,i}|, \quad (8)$$

то наиболее эффективной мерой будет не защита, а дублирование значимого элемента КС. Включение дублирующего элемента (ДЭ) в структуру КС приводит:

- к снижению структурной значимости ($Z_i \rightarrow 0$), а значит, и показателя значимости $\Pi_i \rightarrow 0$ основного элемента (ОЭ);
- к увеличению числа состояний способности системы решать свойственные задачи (число вариантов эффективного использования КС). Ясно, что оба этих следствия способствуют увеличению показателя живучести системы.

Практическая реализация дублирования ОЭ в интересах обеспечения живучести существенно отличается от аналогичных действий в интересах обеспечения надежности системы. Отличие заключается в том, что в задачах живучести дублирующий элемент должен быть пространственно удален от ОЭ или, если это невозможно, иметь иную защиту от поражающих факторов.

В качестве заключения следует заметить, что научные и технологические достижения в области обеспечения и управления свойством живучести КС «отстают» в развитии от аналогичных достижений в области обеспечения живучести носителей (платформы) данных систем (носитель КС). Такое положение следует считать ненормальным, так как оно не позволяет объективно оценивать и обеспечивать живучесть сложной системы «носитель + КС». В этих условиях тематику научных исследований, направленных на поиск эффективных методов управления свойством живучести КС, следует считать актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крапивин В.Ф. О теории живучести сложных систем. – М.: Наука, 1978.
2. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000.
3. Стекольников Ю.И. Живучесть систем. – СПб.: Политехника, 2002.
4. Стекольников Ю.И. Актуальность, методология и теоретические положения научных основ живучести систем корабельного вооружения // Морской вестник. – 2013. – №1(45). ■

При создании таких сложных технических систем, как комплексы управления летательными аппаратами, экспериментальная отработка является неотъемлемой частью жизненного цикла разработки, поскольку позволяет выполнять проверку технических решений еще до проведения дорогостоящих натуральных испытаний.

Рассмотрим классические для систем управления летательными аппаратами этапы отработки (рис. 1)

На этапе математического моделирования, когда выполняется структурный и параметрический синтез системы, все элементы представлены математическими моделями, на этом же этапе формиру-

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОБЩЕНИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСОВ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.А. Кондратьев, и. о. начальника лаборатории,
А.Г. Юрескул, канд. техн. наук, начальник НИЦ-1520,
АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 274 0421



Рис. 1. Обобщенная схема отработки систем управления ЛА

ется исходный контрольный вариант Y_{MM} . При полунатурном моделировании часть элементов системы заменяется реальной аппаратурой, как правило, это рулевой привод как обладающий значительной инерционностью; часть измерителей; радиолокационное оборудование; алгоритмы представлены штатным бортовым вычислителем. Наличие реальной аппаратуры и инфраструктура комплекса полунатурного моделирования неизбежно приводят к отклонению от математического контрольного варианта $\Delta Y_1 = Y_{MM} - Y_{ПНМ}$. Также рассогласование будет наблюдаться между натурным и полунатурным экспериментом $\Delta Y_2 = Y_{ПНМ} - Y_{НИ}$. Отклонения контрольный варианты, зафиксированные в процессе отработки, несут в себе информацию не только о возможных несоответствиях математических моделей и реальной аппаратуры, но и нерасчетных параметрах внешней среды, нештатных или неучтенных в процессе разработки ситуациях, что наиболее характерно и актуально для новых, малоизученных образцах техники. Детальный анализ полученной в процессе эксперимента информации позволяет повысить адекватность используемых в процессе разработки моделей и качество алгоритмов управления.

В качестве системы управления рассмотрим контур угловой стабилизации летательного аппарата как основной элемент системы, обеспечивающей устойчивость движение и наиболее чувствительный к отклонениям параметров и действию внешней среды. Математические модели летательного аппарата и внешней среды, как правило, нестационарные, их коэффициенты определяются экспериментально и зачастую имеют значительные допуски. Также отклонения параметров присущи и остальным элементам контура, все это в сумме с внешними возмущениями приводит к отклонению поведения системы, рассчитанному при номинальных параметрах. Парирование указанных отклонений выполняется за счет запасов устойчивости, которые также рассчитываются при номинальных параметрах, а значит, могут оказаться недостаточными. Следовательно, в процессе наземной отработки подобные отклонения должны быть либо минимизированы за счет уточнения моделей, либо компенсированы системой управления, в любом случае они должны быть определены.

Для анализа отклонений в процессе экспериментальной отработки удобным математическим аппаратом является теория чувствительности, которая устанавливает функциональную зависимость между вектором отклонения параметров и вектором регистрируемых величин - эта зависимость определяется функцией чувствительности. Исходя из вышесказанного, может быть предложена следующая схема наземной отработки (рис. 2).

В соответствии с исходными данными выполняется моделирование контрольного варианта при номинальных параметрах, после которого следует полунатурный эксперимент, в результате чего фиксируется отклонение от контрольного варианта или, как еще говорят, дополнительное движение. Применяя аппарат теории чувствительности, оценивается вектор отклонения параметров, соответствующего зафиксированному дополнительному движению. Данное отклонение проверяется на предмет нахождения в пределах допусков с последующей корректировкой математической модели и оценкой показателей качества моделирования.

Как уже отмечалось, удобным математическим аппаратом для решения поставленной задачи является теория чувствительности, которая позволяет оценить степень влияния изменений параметров $\Delta\alpha(t)$ на отклонения величин $\Delta Y(\Delta\alpha, t)$, фиксируемых в процессе наземной отработки или натуральных испытаний [1-3].

В теории чувствительности движение при номинальных параметр $Y(\alpha^0, t)$ называют опорным, а изменение вызванные отклонением параметров $Y(\alpha^0 + \Delta\alpha, t)$ - дополнительным движением.

Связь между изменением параметров $\Delta\alpha(t)$ и дополнительным движением $\Delta Y(\Delta\alpha, t) = Y(\alpha^0, t) - Y(\alpha^0 + \Delta\alpha, t)$ выражается через функцию чувствительности $\Lambda_{i,k}(t, Y, \alpha) = \frac{\partial Y_i(\alpha, t)}{\partial \alpha_k}$, представляющую собой частную производную решения i -го дифференциального уравнения исследуемой системы $Y_i(\alpha, t)$, по k -му параметру.

Методы теории чувствительности позволяют свести задачу к оценке вектора α при использовании вектора выходной переменной $Y(t)$, опорного решения $Y^0(t) = Y(\alpha^0, t)$ и матрицы чувствительности $\Lambda_{i,k}(t)$.

Опуская особенности решения обратной задачи чувствительности, которая с математической точки зрения является некорректной и неустойчивой, оценка отклонения параметров может быть получена следующим образом: $\Delta\dot{\alpha}(t) = (\Lambda^T \Lambda)^{-1} \cdot \Lambda^T \cdot \Delta Y(t)$.

Существует несколько методов минимизации вектора параметрических отклонений $\Delta\alpha$ в процессе полунатурных испытаний:

- грамотная организация эксперимента и минимизации погрешностей вносимых технологическим оборудованием комплекса полунатурного моделирования;

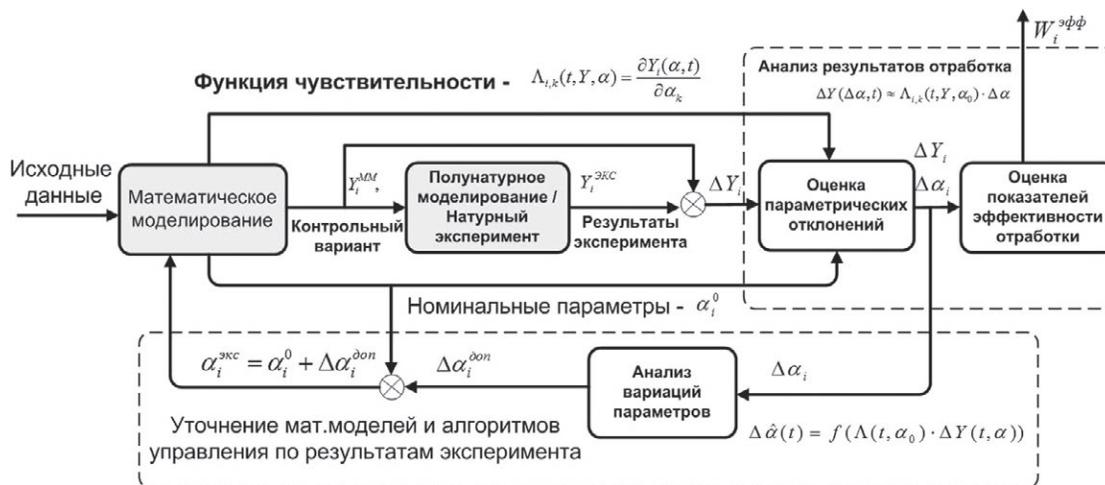


Рис. 2. Схема наземной отработки методами теории чувствительности

– повышение параметрической точности алгоритмов управления исследуемой системы и повышение адекватности и достоверности используемых математических моделей.

Первый метод является мало информационным при использовании более или менее постоянной аппаратной инфраструктуры комплекса и методик испытаний, как правило, успешно зарекомендовавших себя для испытаний данного вида изделий. При этом второй подход, оказывается вполне актуальным и востребованным, поскольку уточнение параметров алгоритмов – одна из основных задач моделирования, которая, в свою очередь, невозможна без применения математических моделей, адекватных реальному объекту

Для реализации предложенного выше подхода необходимо иметь математическую модель чувствительности исследуемой системы, синтез которой представляет собой самостоятельную задачу.

Рассмотрим методику синтеза моделей чувствительности, несколько отличную от общепринятой. Исследуемая система может быть представлена либо в виде нелинейной системы дифференциальных уравнений

$$\{\dot{X}(t, \alpha) = F(X, U, \alpha, t); Y(t, \alpha) = G(X(t, \alpha), U(t))\} \quad (1)$$

либо, если в рассматриваемой окрестности траектории функции $F(X, U, \alpha, t)$, $G(X(t, \alpha), U(t))$ непрерывны по времени и дифференцируемы по векторам X, U, α то система представлена с использованием формализма пространства состояний

$$\{\dot{X}(t) = A_x \cdot X(t) + B_x \cdot U(t); Y(t) = C_x \cdot X(t) + D_x \cdot U(t)\}. \quad (2)$$

Уравнение чувствительности может быть представлено в виде матричного дифференциального уравнения, коэффициенты которого представляют собой частные производные вектор-функции исследуемой системы по вектору переменных состояния и вектору параметров:

$$\begin{cases} \dot{\Lambda}_{i,k}(t, \alpha_0) = J_{i,j}(t) \cdot \Lambda_{i,k}(t) + P_{i,k}(t); \\ J_{i,j}(t) = \frac{\partial F}{\partial X} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j}; \\ P_{i,k}(t) = \frac{\partial F}{\partial \alpha} = \frac{\partial f_i}{\partial \alpha_k}; \end{cases}$$

$$\Lambda_{i,k}(t) = \frac{\partial Y_i(t)}{\partial \alpha_k(t)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial y_1(t)}{\partial \alpha_1(t)} & \frac{\partial y_2(t)}{\partial \alpha_1(t)} & \dots & \frac{\partial y_i(t)}{\partial \alpha_1(t)} \\ \frac{\partial y_1(t)}{\partial \alpha_2(t)} & \frac{\partial y_2(t)}{\partial \alpha_2(t)} & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y_1(t)}{\partial \alpha_k(t)} & \frac{\partial y_2(t)}{\partial \alpha_k(t)} & \dots & \frac{\partial y_i(t)}{\partial \alpha_k(t)} \end{bmatrix}$$

Сама же матрица чувствительности представляет собой частную производную вектора выхода системы по вектору параметров. Рассчитывается матрица чувствительности при номинальных параметрах системы. Вектор выхода при измененных параметрах представляет собой сумму опорного движения и дополнительного $Y(t) = Y(\alpha_0, t) + \Delta Y(\Delta \alpha)$, которое связано с матрицей чувствительности $\Delta Y(t, \Delta \alpha) = \Lambda(t, \Delta \alpha) \cdot \Delta \alpha$. Далее для простоты будем полагать, что вектор переменных состояния и вектор выхода системы равны, т.е. матрица наблюдения единичная – $C_x = I$.

Уравнение чувствительности, объединенное с уравнениями исследуемой системы представляет собой модель чувствительности. В итоге может быть получена модель, в которой входами являются вход и рассчитанный вектор переменных состояния исследуемой системы. Представленное в таком виде уравнение без труда структурно объединяется с исследуемой системой (рис. 3).

Подобное представление уравнений чувствительности в некотором роде описано в [4, 5], однако практическое применение описанного математического аппарата оказывается затруднительным в виду необходимости частного дифференцирования матриц по векторам. Для того чтобы применение стало возможным, необходимо выполнить ряд преобразований, которые до этого применительно к решению задач теории чувствительности не описывались в научной литературе.

Уравнение чувствительности, приведенное на рис. 3, структурно похоже на форму описания систем в пространстве состояний. Отличие заключается в том, что в данной системе переменных состояния является матрица $\Lambda_x(t, \alpha)$ размерности $n \times p$, а не вектор-столбец, как это принято в модели пространства состояний. Кроме того, в уравнении присутствуют два входа – $X(t, \alpha)$ и $U(t, \alpha)$, что допускается, однако неудобно для исследования.

Необходимо выполнить ряд преобразований, чтобы привести уравнения чувствительности к виду пространства состояний:

$$\begin{cases} \dot{\bar{\Lambda}}_x(t, \alpha) = A_x \cdot \bar{\Lambda}_x(t, \alpha) + B_x \cdot U_x(t); \\ \bar{\Lambda}_y(t, \alpha) = C_x \cdot C_x \cdot \bar{\Lambda}_x(t, \alpha) + C_x \cdot D_x \cdot U_x(t). \end{cases} \quad (3)$$

Первое, что необходимо сделать, это провести векторизацию матрицы чувствительности $\Lambda_x(t)$. Обозначим эту операцию $\bar{\Lambda} = \Lambda_x(\cdot)$, она может быть реализована двумя способами: «вытягиванием» матрицы $\Lambda_x(t)$ по столбцам или по строкам. Проиллюстрируем оба способа на простом примере матрицы чувствительности двух переменных по двум параметрам:

$$\Lambda_x(t) = \begin{bmatrix} \Lambda_{1,1} & \Lambda_{1,2} \\ \Lambda_{2,1} & \Lambda_{2,2} \end{bmatrix}$$

В одном случае векторизованная матрица будет выглядеть:

$$\bar{\Lambda}_x = [\Lambda_{1,1}, \Lambda_{1,2}, \Lambda_{2,1}, \Lambda_{2,2}]^T,$$

в другом случае

$$\bar{\Lambda}_x = [\Lambda_{1,1}, \Lambda_{2,1}, \Lambda_{1,2}, \Lambda_{2,2}]^T,$$

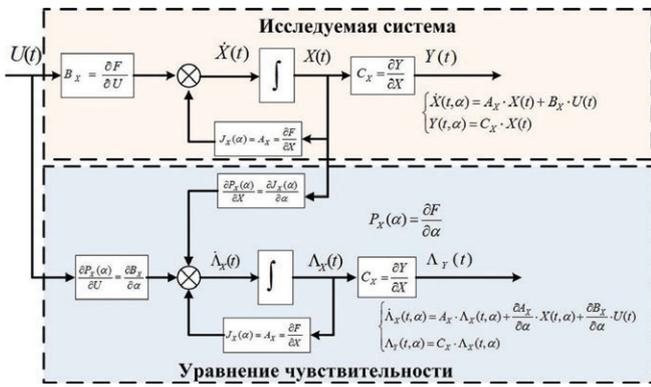


Рис. 3. Модель чувствительности в пространстве состояний

в зависимости от выбранного варианта по-разному будет формироваться матрица A_Λ .

В подавляющем большинстве случаев необходимо наблюдать все функции чувствительности, следовательно, C_Λ можно принять единичной диагональной матрицей, т.е. $C_\Lambda = I$. Кроме того, дифференциальные уравнения чувствительности не формируются непосредственно из вектора исследуемой системы, а следовательно, $D_\Lambda = 0$.

Учитывая вышесказанное, систему уравнений чувствительности можно привести к виду

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \bar{\Lambda}_X(t, \alpha) = A_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t, \alpha) + B_\Lambda \cdot U_\Lambda(t); \\ \bar{\Lambda}_Y(t, \alpha) = C_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t, \alpha). \end{cases} \quad (4)$$

Входом $U_\Lambda(t)$ может быть как вектор выхода исследуемой системы $U_\Lambda(t, \alpha) = Y(t, \alpha) = C_X X(t, \alpha)$, так и агрегированный с входным сигналом $U(t)$, вектор $U_\Lambda(t) = [U(t), C_X \cdot X(t)]^T$, что является более верным с формальной точки зрения. Однако можно считать, что влияние входного сигнала $U(t)$ учтено в переменных состояниях $X(t)$. В зависимости от рассматриваемого входа матрица B_Λ будет иметь разный вид.

В случае, когда $U_\Lambda(t) = C_X \cdot X(t)$ и, следовательно, уравнения чувствительности имеют вид

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \bar{\Lambda}_X(t) = A_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t) + B_\Lambda \cdot C_X \cdot X(t); \\ \bar{\Lambda}_Y(t) = C_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t); \\ B_\Lambda = \frac{\partial \bar{P}(\alpha, t)}{\partial U_\Lambda(t)} = \frac{\partial \bar{P}(\alpha, t)}{\partial (C_X X(t))}, \end{cases}$$

где $\bar{P}(\alpha, t)$ – векторизованная матрица P ,

$A_\Lambda(i, j) = \frac{\partial F}{\partial X}(i, j) \cdot I_{n \times m} = J_{i,j} \cdot I_{n \times m}$ – блочная матрица образованная элементами матрицы $J_X(\alpha)$ исходной системы.

В случае, когда $U_\Lambda(t) = [U(t), X(t)]^T$, а уравнение (4), соответственно, принимает вид

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \bar{\Lambda}_X(t) = A_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t) + B_\Lambda \cdot \begin{bmatrix} U(t) \\ X(t) \end{bmatrix}; \\ \bar{\Lambda}_Y(t) = C_\Lambda \cdot \bar{\Lambda}_X(t); \\ B_\Lambda = \frac{\partial \bar{P}}{\partial U_\Lambda} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \bar{P}}{\partial U(t)} & \frac{\partial \bar{P}}{\partial (C_X \cdot X(t))} \end{bmatrix}. \end{cases}$$

Решая описанную выше систему совместно с уравнениями исследуемой системы, получаем модель чувствительности системы в пространстве состояний, функциональная схема расчета которой приведена на рис. 4.

Расчетная достаточно удобна, поскольку позволяет рас-

считывать функции чувствительности при различных выходах исследуемой системы $Y(t)$, не пересчитывая саму исходную систему. Это может быть полезным при анализе результатов эксперимента, когда имеется записанный вектор $Y_{ЭКС}(t)$.

Применив правила объединения последовательно соединенных систем [6], получим обобщенную агрегированную модель чувствительности:

$$\dot{W}_{X\Lambda}(t) = A_W \cdot W_{X\Lambda}(t) + B_W \cdot U(t); W_{Y\Lambda}(t) = C_W \cdot W_{X\Lambda}(t) + D_W \cdot U(t), \quad (5)$$

где $W_{X\Lambda} = [X(t), \bar{\Lambda}(t)]^T$ – агрегированная переменная состояния

$$A_W = \begin{bmatrix} A_X & 0_{N_X \times N_\Lambda} \\ B_\Lambda \cdot C_X & A_\Lambda \end{bmatrix}, B_W = \begin{bmatrix} B_X \\ 0_{N_X \times N_\Lambda}(\cdot) \end{bmatrix}, C_W = \begin{bmatrix} 0_{N_X \times N_\Lambda}(\cdot) & C_\Lambda \end{bmatrix}.$$

Модель (5) позволяет рассчитывать одновременно исходную систему и уравнения чувствительности, что значительно снижает вычислительную нагрузку.

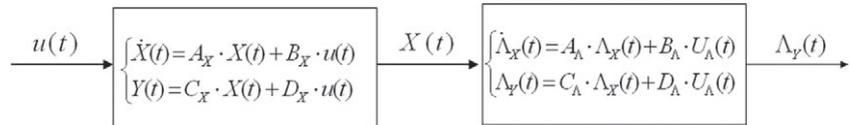


Рис. 4. Функциональная схема расчета модели чувствительности в пространстве состояний

Следует отметить, что при анализе систем удобнее работать именно с матрицей чувствительности, поскольку в ней структурно связаны переменные системы и параметры, влияющие на них, поэтому после расчета вектора функций чувствительности $\bar{\Lambda}_Y(t)$ разумно переходить обратно к матричному представлению $\Lambda_Y(t)$.

Используя описанную выше методику, был выполнен синтез модели чувствительности контура угловой стабилизации летательного аппарата. Такой подход позволяет рассчитать модели чувствительности отдельных элементов контура, что удобно на ранних этапах синтеза, а также путем объединения векторов получить модель чувствительности всего контура. Для примера была взята модель, представляющая собой 33 дифференциальных уравнения, имеющих 28 параметров, соответственно, для расчета функций чувствительности, понадобилось рассчитать систему, имеющую порядок более 900.

Наличие в арсенале разработчика такого математического аппарата как теория чувствительности значительно расширяет возможности синтеза и исследования систем управления начиная с ранних этапов и заканчивая анализом результатов натурных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каманин В.В., Юрескул А.Г. Анализ результатов полунатурного моделирования методами теории чувствительности // Науч.-техн. сб. «Корабельные и бртовые многоканальные информационно-управляющие системы». – СПб.: Концерн «Гранит-Электрон». – 2013. – Вып. № 18. – С. 80–90.
2. Юрескул А.Г. Идентификация параметров элементов комплекса полунатурного моделирования на основе функций чувствительности // Науч.-техн. сб. «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы». – СПб.: Концерн «Гранит-Электрон». – 2012. – Вып. № 16. – С. 32–40.
3. Юрескул А.Г. Оценка параметрических возмущений методами теории чувствительности // Науч.-техн. сб. «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы». – СПб.: Концерн «Гранит-Электрон». – 2013. – Вып. № 19. – С. 151–154.
4. Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыржин А.А., Слита О.В., Ушаков А.В. Методы адаптивного и робастного управления нелинейными объектами в приборостроении: Учеб. пособие для вузов. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 277 с
5. Никифоров В.О., Слита О.В., Ушаков А.В. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 226 с.
6. Андриевский Б.Р. Анализ систем в пространстве состояний. – СПб.: ИПМаш РАН, 1997. – 206 с. ■

На сегодняшний день рост российской экономики в значительной степени связан как с добычей ресурсов, так и с развитием цифровых технологий, которые должны повлиять на эффективность недропользования и, в конечном итоге, увеличить добычу углеводородного сырья и повысить качество его транспортировки. Одним из приоритетных направлений является освоение Южно-Кириинского газоконденсатного месторождения, введение в эксплуатацию которого должно изменить сырьевые потоки в Тихоокеанском регионе и обозначить самостоятельное технологическое присутствие России на континентальном шельфе в условиях внешних санкций.

Системы подводной добычи (далее – СПД) – новый, уникальный продукт для российской промышленности, для изготовления которого требуется применение широкого спектра современных технологий от различных, не связанных друг с другом производителей. Создание «цифровой фабрики» (ЦФ) системы подводной добычи нефти позволит создать цифровое производство, реализовав внедрение современной интеллектуальной модели управления СПД, обеспечивающей оптимальную добычу углеводородного сырья.

Технология ЦФ на базе исходной информации о месторождении, конструк-

ЦИФРОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА РОССИЙСКОМ КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ

Д.В. Казунин, д-р техн. наук,
директор по разработке ПО АО «Кронштадт Технологии»,
О.Я. Тимофеев, д-р техн. наук,
зам. ген. директора ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
А.С. Иванов, студент ИТМО,
контакт. тел. +7 (911) 114 4834, 8 (911) 959 4316

тивных элементах систем (используемых для освоения месторождения) позволит обеспечить:

- выполнение поверочных расчетов при решении задач освоения российских наземных и подводных комплексов добычи углеводородного сырья, а также возможность проверки расчетов, выполненных с использованием иностранных программных пакетов, с целью обоснованности предлагаемого метода освоения и применяемого оборудования;
- создание технологии концептуального проектирования новых месторождений с целью оптимизации производительности оборудования, энер-

гопотребления и продуктивности скважин за счет анализа накопленных и обработанных данных от АСУ уже эксплуатирующихся месторождений;

- повышение безопасности работы и снижение рисков возникновения аварийных ситуаций с учетом специфики освоения российского континентального шельфа, а также снижение человеческого фактора и затрат на присутствие высококвалифицированного персонала на производственных площадках в сложных условиях Арктики.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Цифровое месторождение (ЦМ) – это продукт, включающий набор струк-

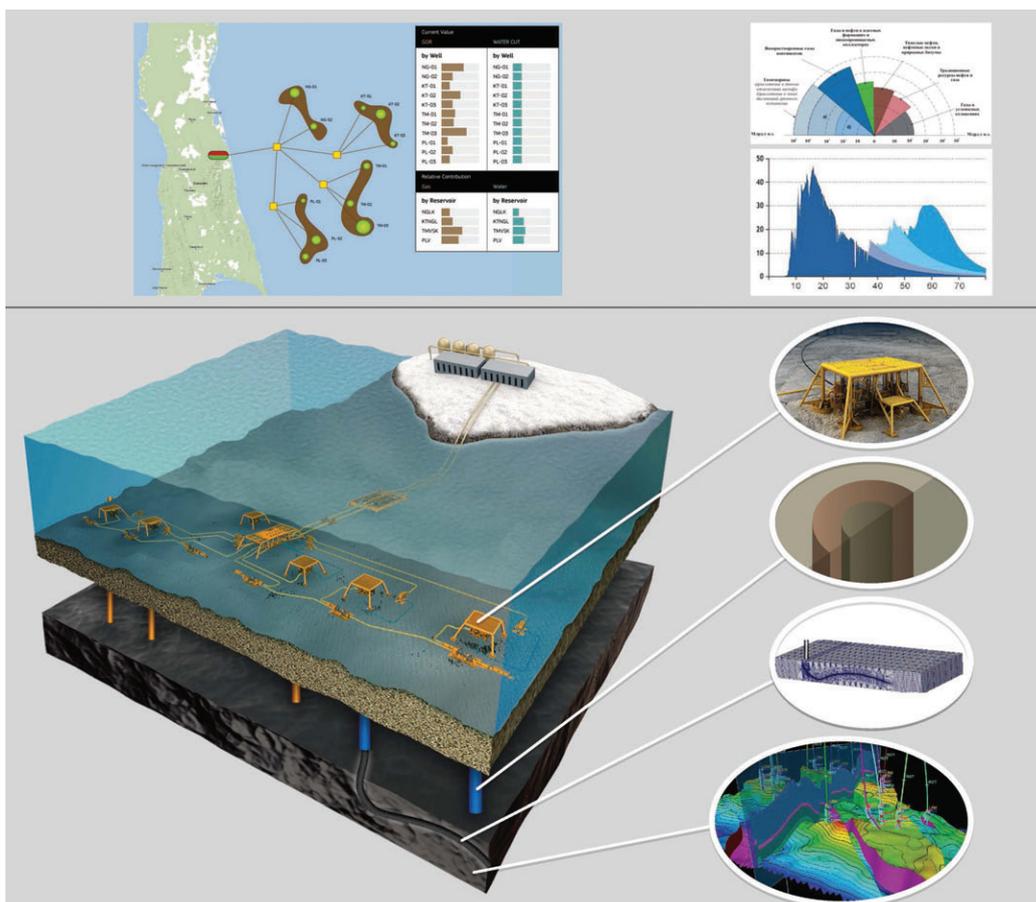


Рис. 1. Схематическое представление ЦМ и решаемых им задач

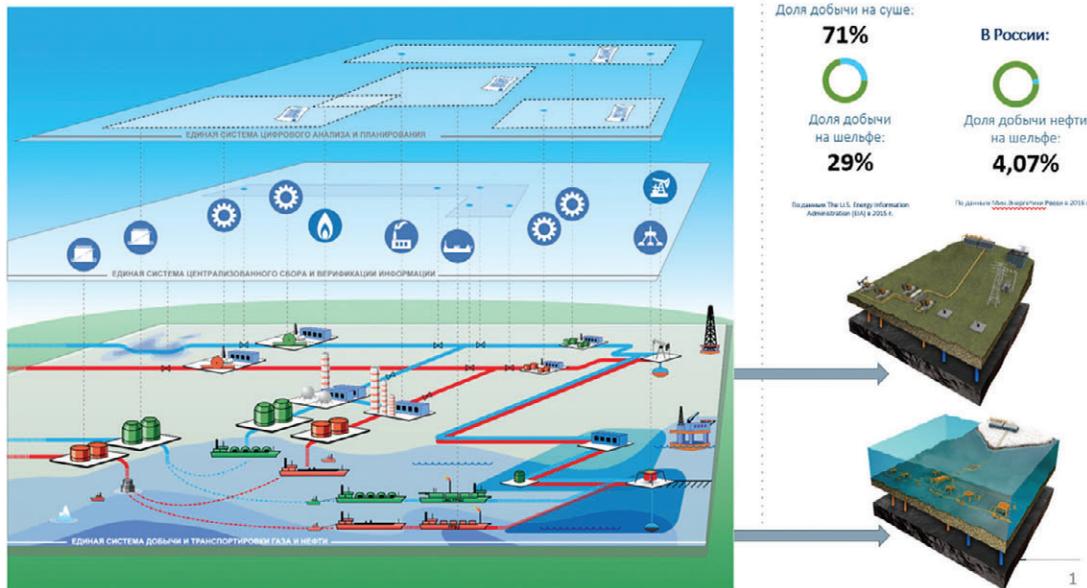


Рис. 2. Доля добычи углеводородного сырья

турированных данных и программного обеспечения, которые позволяют с использованием вычислительной техники описывать поведение реального месторождения для решения задач по его эффективному управлению (рис. 1).

Программное обеспечение (ПО) может работать в режиме реального и ускоренного времени, проводя обработку структурированных данных с месторождения, и может использоваться для контроля его работы от разработки до консервации. Согласно данным Cambridge Energy Research Association, применение технологий ЦМ улучшало показатели по добыче на 2–10% и снижало эксплуатационные расходы на 4–8 млн. долл. по сравнению с их «нецифровыми» аналогами.

В настоящее время все крупнейшие нефтяные компании имеют подразделения, занимающиеся разработкой и внедрением концепции ЦМ: «SmartFields» («умные месторождения») компании Shell, «FieldoftheFuture» («месторождение будущего») компании BP и «iFields» («интеллектуального месторождения») компании Chevron, а также SaudiAramco, Petrobras, KuwaitOilCompany и др. В течение ближайших пяти лет нефтегазовая отрасль планирует инвестировать более 1 млрд. долл. в создание интеллектуальных (цифровых) месторождений. Такой интерес связан с тем, что использование ЦМ позволяет выполнять:

- 1) проверку проектных решений на возможность сопряжения используемых для их построения компонентов;
- 2) цифровое «испытание» оборудования месторождения и его элементов на возможность обеспечения заявленных параметров, отказоустойчивости, обслуживания и добычи;

- 3) цифровую проверку эксплуатационной эффективности работы месторождений по различным группам параметров, включая поведение при неблагоприятных условиях (включая аварийные ситуации).

На сегодняшний день ЦМ может быть построено для наземных и подводных месторождений, соотношение которых (рис. 2) в мире составляет 3:1 (по данным The U.S. Energy Information Administration (EIA) в 2015 г.), а в России 20 : 1 (по данным Министерства энергетики в 2016 г.). Поэтому для создания российского продукта ЦМ разумно ориентироваться на решения, пригодные как для береговых, так и морских месторождений, с учетом экспортного потенциала данных решений.

Разработка ЦМ вручную – излишне трудоемкий и сложный процесс. Для автоматизированного создания ЦМ различных реальных месторождений необходимо создать механизм их автоматизированного построения, который принято называть «цифровой фабрикой» (ЦФ) и который должен состоять из набора стандартных технологий производства программного обеспечения – «технологии цифровизации» (рис 3), основой состава которых являются:

- 1) **технология АСУ**, используемая для генерации ПО интегрированной системы автоматического управления СПД, которое должно содержать: ПО контроллеров управления, серверов (со структурированной архивацией данных), АРМ оператора с заданным уровнем резервирования и настраиваемыми законами управления по заданию экспертной системы и возможностью коррекции объема передаваемых данных в зависимости от эксплуатационных условий, а также эмулятор

сигналов для проведения цифровых испытаний создаваемого ПО без использования реального оборудования. Дополнительно с использованием технологии АСУ генерируется ПО системы дистанционного управления СПД;

- 2) **технология передачи данных**, используемая для организации защищенных каналов передачи данных и имеющая возможность администрирования системы дистанционного управления СПД, включая настройку протоколов внешнего взаимодействия защищенной взаимосвязанной системы передачи данных;

- 3) **технология математического моделирования**, ориентированная на генерирование адаптированного к месторождению ПО моделей трех типов: модели реального времени (real time model для оперативной подсказки оператору), модели построения прогноза развития ситуации и высокоточной проектной модели, а также ПО серверов, обеспечивающих их работу:

- технологического сервера экспертной системы, занимающегося обработкой потоков проходящей через него информации;
- модельного сервера экспертной системы, который обеспечивает систему данными от теоретической модели СПД, описывающей: пласт со взаимосвязанными скважинами, гидравлические и электрические системы как единую вычислительную сущность в рамках одного шага по времени на базе поступающей оперативной информации от АСУ ПДК. При этом для своей работы модель использует поступающие результаты статистической обработки ранее полученных данных от АСУ, данные проектных изысканий и конструктивных расче-

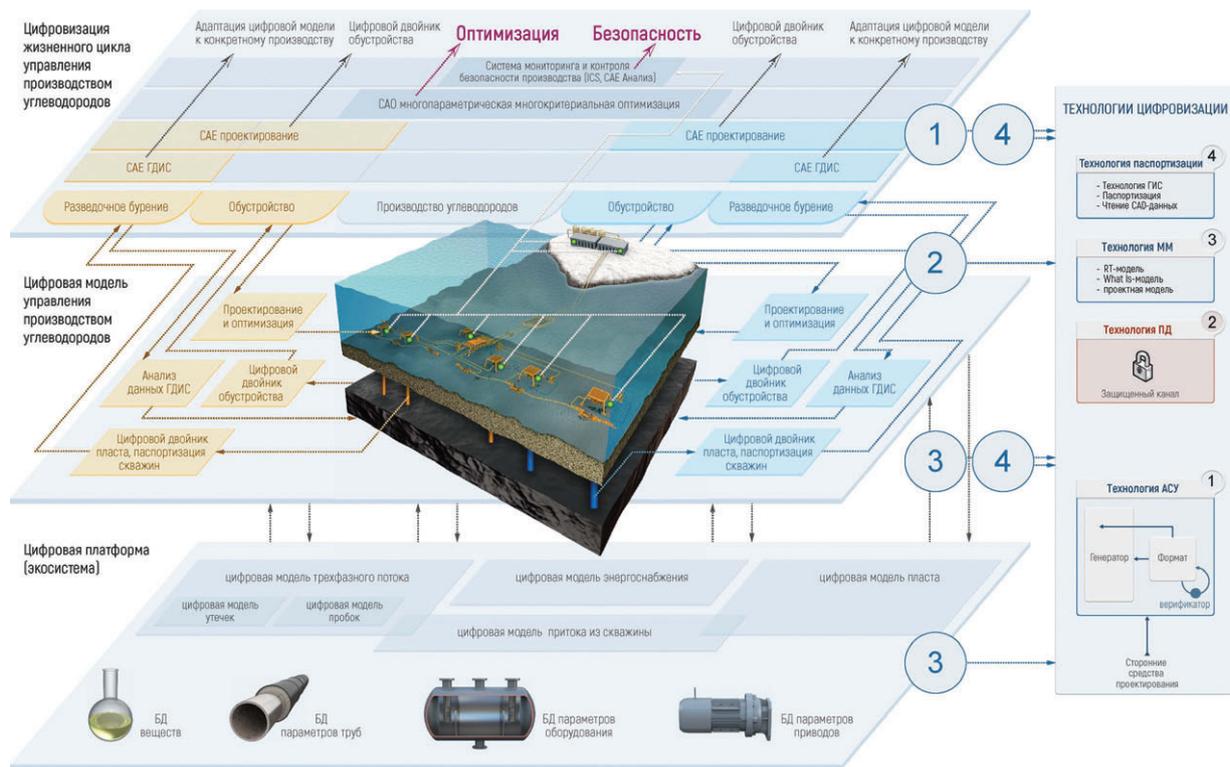


Рис. 3. Технологии цифровизации «цифровая фабрика»

тов, геометрии объектов управления, конфигурации АСУ и т.д.;

- модельного сервера системы цифровых испытаний и тренажерных решений СПД.

4) **технология паспортизации**, используемая для создания электронного паспорта месторождения (ЭПМ) на базе информации о 3D-модели добывающего пласта, данных добывающих и нагнетательных скважин (на основе данных ГДИС), параметров технологических сред и пластовых флюидов, данных о наземном, подводном, внутрискважинном технологическом оборудовании, а также «полевой» части системы автоматического управления СПД и данные геоинформационной системы, в которой представлено расположение всех объектов на карте, включая высотную модель.

С помощью четырех выше описанных технологий «цифровая фабрика» создает экспертную систему для оценки нефтегазового производства, принятых проектных решений для освоения месторождения и оптимизации работы СПД в ежедневных эксплуатационных условиях. Сгенерированное цифровой фабрикой ПО должно включать АРМ: эксплуатационного, планово-аналитического и учебного уровней.

Все программные продукты, генерируемые с помощью технологий ЦФ, должны работать взаимосвязанно и полностью интегрироваться друг с другом. Ошибочно полагать, что можно построить ЦМ на основе отдельных, плохо связанных друг с другом продуктов, так как результаты работы одних компонентов

(АСУ СПД) должны являться источником данных для других (экспертная система), а рекомендации экспертной системы, в свою очередь, должны обрабатываться АСУ СПД.

Набор ПО, созданного «цифровой фабрикой» (с помощью технологий цифровизации), называется, как уже сказано, цифровым месторождением (ЦМ). В составе ЦМ как конечного продукта можно выделить следующие основные фрагменты (рис. 4):

1) **ПО дублированных контроллеров, серверов и оператора ПДК АРМ**, входящее в состав традиционных систем автоматического управления, которое обеспечивает работу объекта управления и передачу/получение данных серверов ЦМ. Часто ошибочно считают, что данное ПО может быть заимствовано у одного из производителей SCADA систем и использоваться без его глубокой структурной переделки под задачи ЦМ и экспертной системы;

2) **ПО дистанционных средств управления**, которое повторяет функциональные возможности традиционных систем автоматического управления в дистанционном исполнении;

3) **ПО для отладки и верификации АСУ перед ее установкой на реальный объект управления**, которое дополнительно может использоваться и в качестве тренажера для решения задачи безопасного обучения операторов АСУ действиям в различных эксплуатационных аварийных ситуациях с возможностью загрузки реальных начальных эксплуатационных ситуаций с сервера АСУ;

4) **ПО экспертной системы**, обеспе-

чивающее: а) работу с базами стандартно-структурированных данных серверов ЦМ, высокоскоростную запись (до миллионов записей в минуту), хранения/обработки и скоростной передачи, для которых используются высокотехнологические методы фильтрации, проверки на непротиворечивость, хранения, очистки; б) работу по формированию оперативных рекомендаций диспетчерского круга; массивов статистических данных, необходимых для работы экспертной системы и для формирования отчетной информации по работе месторождения; в) работу модельного сервера для получения теоретических параметров состояния объекта для решения задачи диагностики его состояния, а также моделирования «восстановления» параметров объекта по заданной ситуации с целью ее экспертной оценки.

В основе работы модельного сервера экспертной системы, генерируемой технологиями ЦФ, лежит расчетная модель, которая включает в себя гидравлически «связанный расчет» разветвленной сети сложной топологии СПД, в том числе пласт; взаимосвязанные скважины; внутрискважинное и фонтанное оборудование; внутримысловые трубопроводы и коммутации; манифольд; систему управления и вспомогательные системы. Для реализации «связного расчета» модель должна выполнять:

- расчет работы системы взаимосвязанных добывающих и нагнетательных скважин с учетом заданной 3D-геометрии пористого пласта, а также начальных условий распределения давлений и состава/концентрации

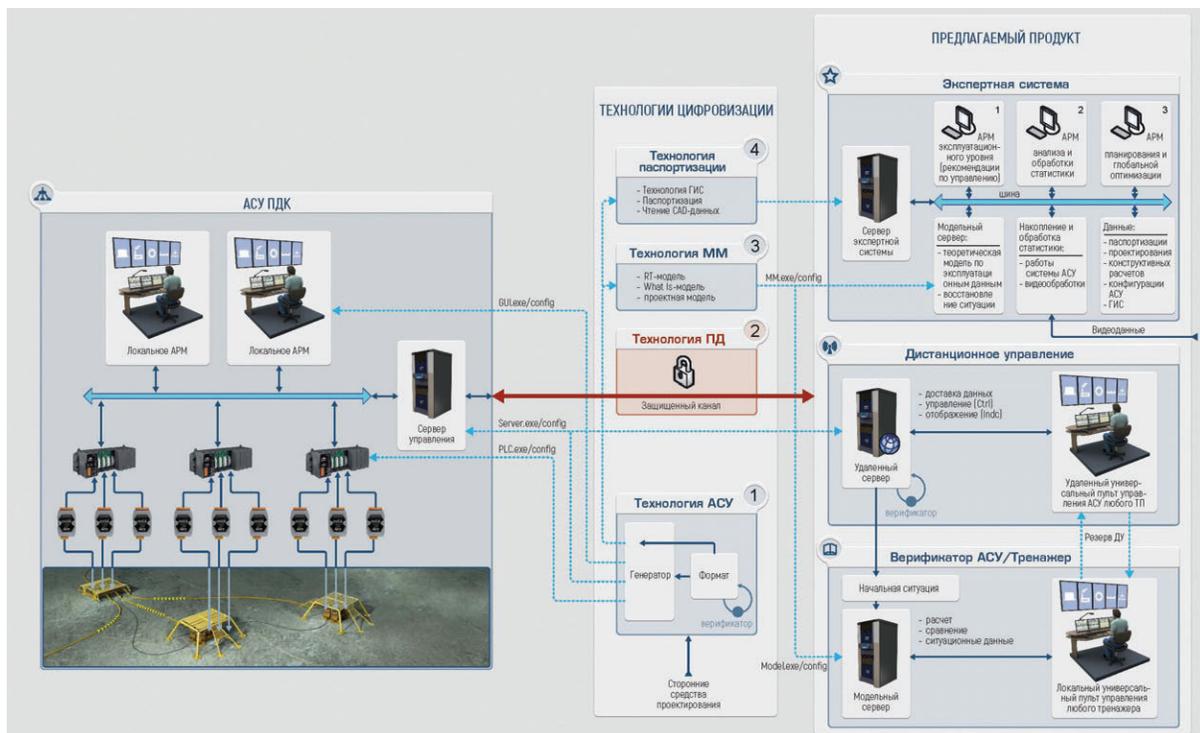


Рис. 4. «Цифровая фабрика» (технологии цифровизации) и результаты ее работы в виде ПО ЦМ: АСУ СПД ПО, защищенной передачи данных, дистанционного управления, верификатор АСУ и экспертная система

- флюида в пласте; геометрии и параметров скважин;
- расчет параметров поведения скважин с учетом течения (притоков) и тепловых потоков (включая состав, профиль давления, температуры, плотности по высоте скважины);
- расчет параметров трехфазных (жидкость–газ–песок) потоков в технологическом оборудовании СПД с учетом теплообмена, геометрии трубопроводов, характеристик арматуры, трубопроводов и энергетического оборудования (насосно-компрессорного оборудования);
- энергетический расчет СПД, включая энергопотребления оборудования СПД, с учетом заданных ограничений;
- оценку образования пробок и отложенного эффекта от включения в композиционный состав флюида ингибиторов, также оценку гидратообразования и анализ возникновения утечек с учетом свойств флюида и применяемого способа разработки месторождения (рис. 5).

Модель должна выполнять вычисления в режимах:

- 1) реального времени (RT-model), одновременно рассчитывая параметры сред в рамках связанной системы (от пласта до трубопровода, ведущего к накопительным береговым резервуарам), системы гидравлического управления с учетом специфики работы алгоритмов и контура управления для описания переходных процессов СПД для обеспечения RT-эксплуатационной реалистичности процессов;
- 2) режим построения прогноза (what-if-model) с целью численного моделирования тенденции развития эксплуатационной и аварийной ситуации:
 - на базе многовариантного расчета с использованием RT-модели с применением алгоритмов восстановления недостающих параметров;
 - на базе RT-модели за счет «ускорения» процессов, протекающих в пласте, скважинах, трубопроводах, оборудовании и вспомогательных системах СПД месторождения.
- 3) режим проектной модели, в кото-

рой единичный уточненный срез параметров СПД рассчитывается несколько часов.

Три класса моделей: модель реального времени, модель построения прогнозов и проектная модель месторождения вместе с БД ЦМ и ПО описания свойств поведения пластового флюида – образуют ПО, которое позволит перейти к некалмановской системе управления ПДК и проводить согласованное управление всеми элементами ПДК как мультиагентной системой.

В конечном итоге при управлении мультиагентной системой, в которой происходит управление различными по своей сути, масштабу времени и принципам происходящих процессов, в ЦМ будут предлагаться оптимальные управленческие решения в рамках всего месторождения, а избыточная информированность всех участников процесса создаст условия для сетцентрической доктрины принятия решения всеми участниками процесса. Это и является конечной целью предлагаемой концепции создания

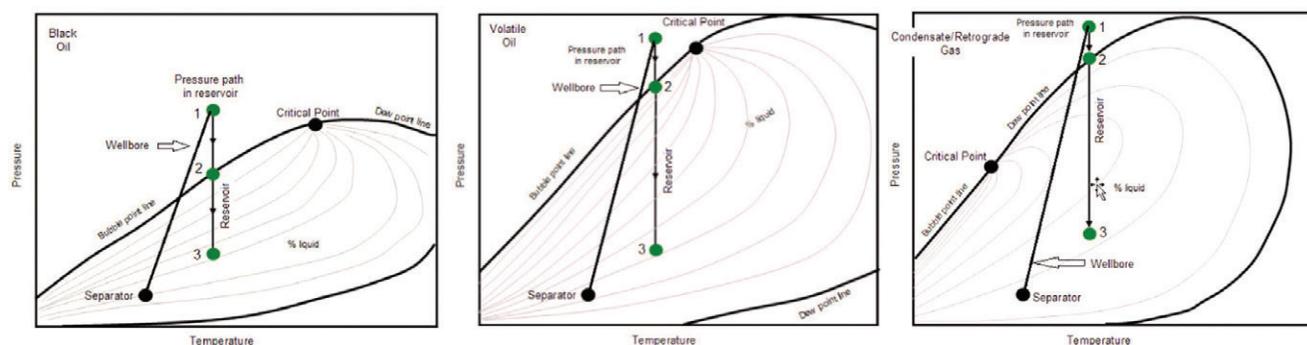


Рис. 5. Принципы учета свойств флюида [1]

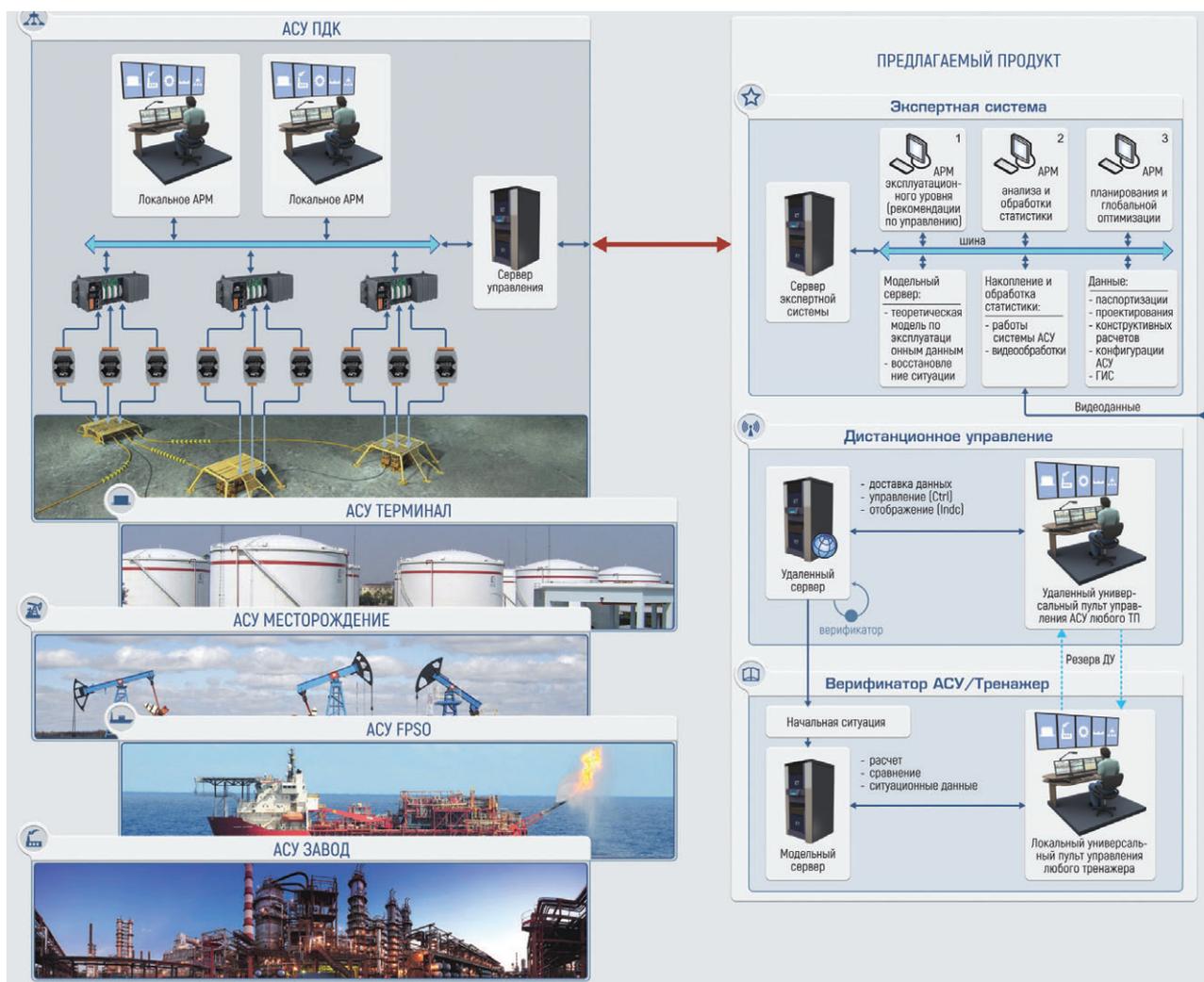


Рис. 6. Применение предложенной концепции к различным объектам добычи и транспортировки углеводородного сырья

цифрового месторождения для управления подводной добычей углеводородного сырья на российском континентальном шельфе, которая может быть применена и к другим объектам управления (рис. 6) и которая не может быть реализована с помощью имеющихся на рынке решений, ориентированных на малые потоки данных и не работающих в режиме реального времени при их обработке.

Подводя итоги представленной концепции, можно сформулировать следующие выводы:

1. На сегодняшний день присутствует ошибочное представление о том, что ЦМ может быть самостоятельно построено сотрудниками проектных организаций или нефтегазовых компаний с помощью присутствующих на рынке программных патентов класса SimTech, MasterScada, OIS и SAP UFAM и других, а настройкой работы комплекса математических моделей сотрудники смогут заниматься сами на базе потока оперативной информации, поступающей от АСУ ПДК;

2. Во всем мире, где успешно применяется технология ЦМ, она носит характер эксклюзивного изделия, адаптированного производителем технологии к конкретному месторождению в виде

расчетно-тренажерного аналога месторождения, выполненного в интересах заказчика «под ключ» и удовлетворяющая его эксплуатационные потребности. Созданные решения дают возможность незначительной «подстройки» (в ограниченном производителем ЦМ диапазоне) отдельных параметров ЦМ, ограждая конечного пользователя ЦМ от настройки по экспериментальным данным взаимосвязанных коэффициентов моделей, от выбора численных методов из встроенных в пакет списков, с учетом происходящих процессов и свойств веществ, а также от занятий по оперативной верификации ЦМ. Данное решение связано с сокращением выпуска грамотных специалистов и доминированием на рынке отраслевых программных продуктов, 80% возможностей которых не используются специалистами проектных и нефтяных компаний.

3. Помимо описанных выше решений, в ходе создания ЦФ необходимо разработать прообразы государственных стандартов, позволяющих контролировать информацию в области АСУ и ЦМ, в частности:

- открытый формат АСУ, в котором нужно будет предоставлять информацию о конфигурации и законах управления АСУ и который позволит не

повторить санкционные последствия для наших нефтегазовых и шельфовых объектов в результате отказа в техподдержке и сопровождении АСУ иностранного производства;

- открытый формат хранения цифровой информации о месторождениях (в интересах государства);
- инструменты независимой от нефтегазовых компаний индикации реального состояния дел в отрасли, регионе, на предприятии или отдельном участке, в цеху и т.д.

4. Цифровизация — не только полезная вещь для экономики страны, но и опасная — при концентрации ключевой информации в руках частных компаний. А после продажи нескольких ключевых игроков ИТ рынка западным инвесторам разумно строить ЦФ на базе технологических возможностей крупных научных центров с государственным участием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большой справочник инженера нефтегазодобычи. Разработка месторождений. Оборудование и технологии добычи / Перевод с англ. Под ред. У. Лайонза и Г. Плизга. — СПб.: Профессия, 2009. — 950 с. ■

На сегодняшний день одной из тенденций развития судостроения в современном мире является создание и развитие технологий полностью автономного судоходства, ведь как показывает опыт, происходит постоянное уменьшение членов экипажа на судне, и логично предположить, что в скором времени мы придем к полному отказу от участия человека в процессах управления им. Актуальным становится вопрос, не что будет, если появятся автономные суда, а когда они появятся [3].

В том, что человечество заинтересовано в роботизированных кораблях, нет сомнений, и это довольно легко объяснить. В соответствии с отчетами исследователей, предположительно 75–96% аварий на море – это результат ошибки человека, т.е. человеческий фактор [5]. Ожидается, что суда такого рода будут лишены влияния человеческого фактора и станут более безопасными и эффективными [4]. Однако не стоит забывать, что человеческий фактор может быть спроецирован на ошибки в программах автоматизированного управления.

Тенденции разработки полностью автономных подвижных объектов можно найти и в смежных отраслях промышленности, например, в автомобильной, где отчетливо просматривается тенденция к полному исключению человека из процессов вождения. Этот путь сформулирован в виде шести ступеней на пути к полной автоматизации. Нулевой уровень – отсутствие автоматизации, а шестой уровень – игнорирование человека в процессе управления. Исходя из современных реалий, нетрудно сделать вывод, что, несмотря на все тенденции развития области и прорывы в технологиях, мы еще остаемся на втором уровне, который предусматривает лишь частичную автоматизацию, причем основным сдерживающим фактором является международная правовая среда [9].

Аналогичная ситуация сложилась и в судостроении, поскольку формирование международных стандартов для разработки и использования автономных судов потребует значительного времени в основном из-за консервативной позиции правовых регуляторов, так как они должны решить, могут ли автономные суда быть хотя бы так же безопасны, как обычные [3, 8]. По нашему мнению, нет оснований полагать, что правовая среда не сможет быть адаптирована к применению автономных судов.

Параллельно, решая правовые аспекты, во многих странах уже рассматриваются различные концепции применения автономных судов. Как вариант, такие суда могут быть использованы для максимально эффективного устранения последствий экологических катастроф (например, при поиске, локализации и

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО СУДНА: ПЕРСПЕКТИВЫ

*Е.М. Балушкин, инженер,
С.С. Коротков, канд. техн. наук, начальник сектора,
АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375*

устранении нефтяных разливов). Одной из идей является использование множества полностью автоматических судов в связи со сложностью проводимой операции по локализации нефтяного разлива. Проблема заключается в совместной координации двух судов между собой. Для выполнения такой операции необходимо весьма точно решить ряд задач по буксировке трала к месту разлива, а затем и к месту утилизации двумя судами, не превышая допустимое напряжение натяжения трала, требуются точная координация для сбора и захвата нефтяного пятна, дальнейшая буксировка без потери захвата. Все эти процедуры расписаны в нормативных документах для осуществления безопасного и надежного удаления нефтяных пятен [6]. Поэтому, по мнению авторов, такая задача не может эффективно решаться судном под управлением человека.

Изучаются возможности взаимодействия автоматизированных судов с береговыми системами автоматической швартовки.

Основная же идея использования автономных судов – это эксплуатация при международных грузовых перевозках, где аргументами выступает отсутствие необходимости создавать инфраструктуру для экипажа и средства жизнеобеспечения, а следовательно, увеличение грузоподъемности без изменения тоннажа, улучшение аэродинамических показателей ввиду отсутствия надстройки и, соответственно, экономия топлива.

Уже сейчас передовые компании в области судостроения, имея поддержку государства, осуществляют апробацию ранее наработанных концепций. Так, в Норвегии запущен проект тестирования в региональных водах полностью автоматизированного контейнеровоза. Аналогичные перспективные проекты создаются в Голландии, Финляндии, Японии, США и Китае [2]. Очевидно, что такие наработки позволят в будущем занять нишу в новом секторе рынка судостроения.

Однако на данном пути существует и ряд нерешенных проблем. Так, в штатных ситуациях можно смело полагаться на автоматическое управление – рутинные задачи легко решаются. Но как быть с внештатными ситуациями, например, в случае выхода из строя энергоустанов-

ки, механических повреждений, пробоев, которые не позволят продолжить движение, или в штормовых условиях?

На данном этапе существующие концепции не дают полного понимания, какие действия должны быть предприняты. Поведение судна во время шторма весьма сложно, ветер вызывает его дрейф, крен и изменение скорости, что зависит от направления и силы ветра, формы и размеров судна, в частности, от осадки, крена и дифферента, размеров обдуваемой поверхности, положения центров парусности и сопротивления воды [1]. Для решения этого вопроса потребуются сложные математические модели поведения судна.

Также автономные или телеуправляемые суда становятся привлекательной целью для киберпреступлений. Проблемы кибербезопасности требуют тщательной проработки еще на стадии проектирования судна [7].

Описанная проблематика показывает, что автономные суда нуждаются в более усовершенствованных информационно-коммуникационных системах, чем существующие образцы. Необходимы улучшенные сенсоры и навигационные системы, надежные высокопропускные линии защищенной связи для возможности телеуправления, сенсорные системы компьютерного зрения: распознавание образов, оценка обстановки позволят решить этот вопрос.

Роботизированные же суда на начальных этапах могут быть реализованы с использованием телеуправления на коротких дистанциях, к примеру, в составе караванов, проходящих в фарватере за ледоколом, где либо ледокол является ведомым звеном, либо наоборот, и на дальних переходах в зонах низкого трафика, при этом или с помощью экипажа на борту или телеуправления будет осуществляться вывод судна из зон сложной навигационной обстановкой. Выбор варианта должен быть обоснован экономически.

АО «НПФ «Меридиан», опираясь на многолетний опыт создания судовых управляющих систем, имеет ясное и четкое представление о перспективах развития отрасли. Можно с полным правом утверждать, что уже сегодня автоматизированные системы управления разрабатываются с оглядкой на интеграцию

в единую интеллектуальную сеть всех имеющихся судовых средств. Взяв за основу и проанализировав информацию о действиях экипажа в различных ситуациях, а также учтя все возрастающую мощь вычислительных систем, можно, применив алгоритмы искусственного интеллекта, создавать самообучающиеся нейросетевые конструкции, пригодные к оптимизации поведенческих моделей управления судном будущего.

АО «НПФ «Меридиан» как разработчик и держатель отраслевого стандарта на мостиковые системы (пульты судовождения и их функциональные модули) в настоящее время занимается разработкой теоретических аспектов единого информационного пространства и, соответственно, концепции системы управления сверхавтоматизирован-

ным судном. Такой подход определяет ведущую роль предприятия в продвижении на рынок интеллектуальных систем управления малоэкипажными и безэкипажными судами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ермолаев Г.Г., Андронов Л.П., Зотеев Е.С., Кирил Ю.П., Черниев Л.Ф. Морское судовождение. – М.: Транспорт. – 1970.
2. Зайцев А.И., Каретников В.В., Сикарев А.А. Беспилотные технологии на водном транспорте // Морская радиоэлектроника. – 2017. – № 3.
3. <https://www.km.kongsberg.com/>
4. <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>
5. Chauvin C., Lardjane S., Morel G., Clostermann J.P., Langard B. Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS // Accident; analysis and prevention. – 2013. – № 59 (5).
6. Giron-Sierra Jose M., Gheorghita Alina T., Jiménez Juan F. Fully Automatic Boom Towing by Unmanned Ships: Experimental Study / OCEANS 2015 – MTS//IEEE, Washington.
7. Hooydonk van E. The law of unmanned merchant shipping—an exploration // The Journal of International Maritime Law. – 2014. – № 20.
8. Ørnulf Jan Rødseth. From concept to reality: Unmanned merchant ship research in Norway // IEEE Underwater Technology (UT). – 2017. – Jan.
9. Naujoks Frederik, Purucker Christian, Neukum Alexandra. «Secondary task engagement and vehicle automation – Comparing the effects of different automation levels in an on-road experiment // Transportation Research. – Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – 2016. – Vol. 38 (April)■

Стратегические приоритеты развития морской деятельности РФ определяют первоочередные мероприятия и задачи на долгосрочный период, реализация которых направлена на обеспечение устойчивого и сбалансированного развития видов (отраслей) морской деятельности в интересах формирования эффективной социально-экономической политики и обеспечения национальной безопасности РФ в Мировом океане.

Современное состояние морской деятельности РФ можно охарактеризовать как нестабильное, а в некоторых областях – как кризисное. Подтверждением данного заключения служат следующие обстоятельства.

Выполнение ключевых целевых показателей за 2010–2016 гг., запланированных в Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 г. (введена в действие распоряжением Правительства РФ 08 декабря 2010 г. № 2205р), не достигнуто.

В области судостроения по общему водоизмещению строящихся судов Россия отстает от стран-лидеров (Южной Кореи, Китая, Японии) более чем в 100 раз. В 2016 г. отечественные судостроители построили всего 168 новых судов общим тоннажем 219 тыс. т, из них 66 гражданских и 102 военных (в настоящее время на стапелях России строятся 116 крупных судов). Для сравнения: на стапелях по всему миру ежегодно спускают на воду около 5 тыс. новых судов. Кроме того, общий тоннаж российского военного флота составляет примерно 900–950 тыс. т, торгового – 20,3 млн. т, что явно не обеспечивает не только наращивание российского морского флота, но и его обновление (из-за значительного физического износа до 80% отечественных судов эксплуатируются 25 лет и более). При этом государственная поддержка судостроения по-прежнему

носит символический характер. Так, в 2018–2020 гг. согласно принятому бюджету на трехлетний период господдержка должна составить 11,9 млрд. руб., из них 8,9 млрд. руб. выделено на субсидии судоходным компаниям и судовладельцам, связанные с частичной компенсацией затрат на проценты по кредитам на строительство судна либо лизинговые платежи за него, и чуть более 1,1 млрд. руб. на утилизацию старых судов и заказы строительства в России нового судна.

Кроме того, в настоящее время российская судостроительная промышленность не обладает достаточной мощностью. Как известно, мощности судостроительных предприятий определяются по тому, сколько тонн металла они способны обработать за год. По этому показателю все наши верфи могут осилить не более 300 тыс. т металла, тогда как только для выполнения заказов наших сырьевых компаний, нацеленных на освоение шельфа, нужно более 1 млн. т в год. Для сравнения, в Китае работают три верфи мощностью более 1 млн. т каждая, в Южной Корее есть верфи на 2 млн. т.

В области рыболовства особенно плачевным (кризисным) состоянием сегодня характеризуется отечественный рыбопромысловый флот. Российские

рыбаки до сих пор работают на старых судах, оставшихся со времен СССР. По данным Калининградского государственного технического университета, в 1991 г. российский рыболовный флот насчитывал 7 тыс. судов. По состоянию на начало 2016 г. этот показатель сократился до 2,2 тысяч. В настоящее время суда в массовом виде списываются. По оценке специалистов Санкт-Петербургского института «Гипрорыбфлот», к 2020 г. необходимо списать 700 рыболовцевских судов всех типов. В 2017 г. 92% промысловых судов использовались сверх нормативного срока службы. Самый старый флот (более 97%) служит в Западном и в Каспийском бассейнах.

По расчетам экспертов, в ближайшее десятилетие потребуется 140 средних промысловых судов, 350 новых крупных траулеров и не менее 90 новых плавучих производственных баз. С учетом того, что средняя стоимость крупного рыболовцевского судна составляет около 1 млрд. руб., только до 2026 г. в отрасль необходимо вложить до 1,5 трлн. руб. А по данным руководителя Федерального агентства по рыболовству Ильи Шестакова, в 2016–2024 гг. с применением господдержки ожидается строительство на отечественных судостроительных

ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РФ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

А.И. Исмаилов, д-р воен. наук, проф., начальник отдела,
А.Н. Попов, д-р воен. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
В.В. Пучин, д-р воен. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
АО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 322 6649

всего 15–20 крупных, 20–30 средних и 30–40 малых рыболовецких судов.

Несмотря на рекордный улов рыбы в 2017 г. (отечественные рыболовные компании отгрузили 4,9 млн. т различной рыбы), 40–50% его продолжает уходить в порты зарубежных государств. Это оголяет российский внутренний рынок, где розничная стоимость рыбы в магазинах растет и составляет 250–450 руб. за 1 кг, из-за чего для большинства граждан России рыба и рыбопродукты стали недоступны. Для сравнения: раньше в СССР треска стоила 60 коп. за 1 кг, а курица – 2 руб. Сейчас курица стоит 100 руб., а треска – в среднем 300 руб. (для справки, промысловый флот России добыл в 1989 г. 11 млн. т морепродуктов).

Другой главной причиной высокой цены на рыбу является то, что более половины квот рыбаки вынуждены покупать у фирм-посредников, которые не имеют ни своих судов, ни перерабатывающих мощностей на берегу, переплачивая им за квоты в 50 раз и более. Все это закладывается в стоимость рыбы на наших прилавках.

В сфере морской деятельности важнейшая проблема функционирования Северного морского пути (СМП), к сожалению, также остается одной из самых актуальных в практической деятельности российского государства и бизнеса, имеющего отношение к использованию данной транспортной артерии. Предпринимаемые в настоящее время ограниченные мероприятия, предусмотренные Комплексным проектом развития СМП, утвержденные Правительством РФ 5 июня 2015 г. № 3529п-119, не дают должного результата. Несмотря на увеличение общего объема грузоперевозок в акватории СМП (в 2017 г. он составил 10,7 млн. т), доля транзитного грузопотока в нем занимает небольшую часть (не более 15%) и практически не растет. При этом, по мнению некоторых экспертов и правительственных чиновников, в условиях глобальной экономики СМП никогда не сможет конкурировать с другими транспортными артериями Мирового океана в части перераспределения грузопотоков, например, с Суэцким каналом. Данное заключение является не только ошибочным, но и носит стратегически опасный характер. По нашему глубокому убеждению, СМП, как минимум, станет сезонной альтернативой Суэцкому каналу, а в условиях глобального потепления может достойно конкурировать с ним.

В подтверждение этого служит сравнительный анализ себестоимости рейса типового морского сухогруза из Амстердама (Нидерланды) в Йокогаму (Япония) через Суэцкий канал и по маршруту с использованием СМП с учетом расхода топлива, стоимости фрахта, пла-

ты за обслуживание в портах и других условий даже в условиях ледокольного сопровождения по СМП, который показывает, что выгода прохода по СМП составляет не менее 500 тыс. долл. США за один переход.

В целом развитие СМП в ближайшие 10–15 лет будет определяться потребностями роста приморских территорий и северного завоза, имеющихся прогнозов по объемам добычи углеводородов на континентальном шельфе и на суше Арктической зоны РФ и емкости двух рынков сбыта: тихоокеанского и атлантического. Только реализация проектов «Ямал СПГ» и порта Сабетта в полном объеме приведет к росту экспорта СПГ и газоконденсата через СМП в 2021–2030 гг. не менее чем на 17 млн. т.

Модернизация СМП во многом сегодня тормозится отсутствием должного финансирования. Освоение Арктики, эксплуатация СМП стоят очень дорого. Основной фактор, препятствующий развитию СМП и прилегающих к нему регионов России представляет дефицит инвестиций, как государственных, так и бизнес сообщества. Ключевым направлением в государственной политике России сегодня практически определен Дальний Восток, Азия, Китай. В этих условиях для реализации геополитической и экономической миссии СМП как морского транзитного моста между Европой и Азией нужны серьезные инвестиции, модернизация инфраструктуры, новые суда, обеспечение потоков грузов, безопасности мореплавания и высокого качества сервиса, обоснованные экономически и понятные грузоотправителям тарифы, геополитическая стабильность, позитивный имидж России в Арктике и сбережение окружающей арктической среды.

Вместе с тем нельзя не отметить, что до сих пор на уровне государства отсутствует четко выверенная и эффективно действующая система управления, отвечающая за комплексное решение всех вопросов развития СМП, включая его нормативно-правовое обеспечение.

В целом выполненный анализ состояния всех видов морской деятельности РФ позволил выделить, обобщить и сформулировать следующие основные проблемы:

1. В области морского транспорта и атомного флота:

- недостаточное участие российских морских судов в обслуживании российской грузовой базы, что снижает эффективность транспортной системы страны в целом и ставит Российскую Федерацию в зависимость от иностранных государств, обладающих конкурентоспособным торговым флотом. Считается, что нормой является правило распределения

морских перевозок между странами 50% на 50%, а обеспечение своих отечественных нужд на 100%;

- малая доля судов, плавающих под Государственным флагом РФ, в тоннаже мирового торгового флота, слабое участие российского торгового флота в глобальных международных перевозках. Значительная часть контролируемых Россией морских судов находится под «удобным» флагом, в силу чего уменьшаются мобилизационные возможности морского флота и постоянно снижается доля судов, возвращаемых в кризисных ситуациях. Эти суда представляют большую материальную ценность, включая членов экипажа, являющихся подготовленным мобилизационным резервом;
- недостаточный уровень развития системы управления портовым хозяйством страны, требующий создания многоуровневой и многофункциональной автоматизированной системы управления работой и развитием морских портов, внедрения логистических транспортно-технологических систем, формирования инфраструктуры для обработки крупнотоннажных судов;
- низкий уровень обеспечения безопасности мореплавания в портах Крыма, требующий развертывания сети береговых станций автоматической идентификационной системы судоходства и интеграции этой сети в региональную информационную систему наблюдения за судоходством на юге (РИСС-Юг), модернизации и развития систем навигационного и гидрометеорологического обеспечения и организации оперативной передачи мореплавателям навигационной и гидрометеорологической информации;
- недостаточная конкурентоспособность СМП, связанная с необходимостью повышения безопасности мореплавания и создания благоприятных условий для прохода транзитных иностранных судов;
- устаревший парк судов атомно-технологического обслуживания, не позволяющий обеспечить необходимое технологическое обслуживание строящихся новых ледоколов с различными новыми типами ядерных реакторов и активных зон;
- устаревшая система лоцманского обеспечения торгового мореплавания, не гарантирующая эффективного лоцманского обеспечения во всех морских портах РФ;
- наличие административных барьеров, избыточных и дублирующих требований к судам под Государственным флагом РФ.

2. В освоении и сохранении ресурсов Мирового океана:

1) В развитии рыболовства, рыбодства (аквакультуры):

- отставание от принятых норм уровня удовлетворения физиологических потребностей граждан РФ в протекции морского происхождения, отрицательно влияющее на качество и продолжительность жизни населения;
- высокий уровень экономических потерь от незаконного оборота водных биологических ресурсов, добытых в акваториях, находящихся под юрисдикцией РФ;
- физическое и моральное старение рыбопромыслового флота и недостаточный объем строительства и модернизации судов рыбопромыслового флота на отечественных судостроительных предприятиях;
- недостаточный уровень развития инфраструктуры терминалов морских портов, предназначенных для комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота;
- несовершенство законодательства, регулирующего отношения в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов, недостаточный уровень внедрения систем дистанционного контроля за промысловой деятельностью;
- низкий уровень российского промысла рыбы и других морепродуктов судами под российским флагом и российскими рыбопромысловыми компаниями в исключительных экономических зонах иностранных государств и открытых районах Мирового океана.

2) В развитии исследования и освоения месторождений морских минеральных и энергетических ресурсов:

- уменьшение объемов разведочных работ на шельфе, обусловленное снижением государственных и частных инвестиций в геологоразведку, перенос бурения и сейсморазведки на шельфе на более поздний период;
- введение рядом государств ограничений, распространяющихся на отдельные российские нефтегазовые компании, на поставки современных технологий и оборудования, используемого для разведки и разработки российских глубоководных, морских арктических и сланцевых месторождений, и на привлечение долгосрочного финансирования;
- слабая отечественная научно-техническая база разработок новых методов и средств поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, что сдерживает освоение морских минеральных и энергетических ресурсов;
- отсутствие в настоящее время нор-

мативно-правового регулирования российским законодательством добычи полезных ископаемых в международных районах морского дна

3. В развитии морских научных исследований:

- сокращение комплексных экспедиционных научных исследований в ключевых районах Мирового океана, необходимых для воспроизводства ресурсной базы, предупреждения и уменьшения опасных последствий стихийных бедствий, а также постоянного мониторинга природных, антропогенных и техногенных явлений глобального и регионального масштабов;
- изношенность научно-исследовательских судов, в первую очередь океанской зоны, в том числе многоцелевых для разведочных работ на твердые полезные ископаемые дна Мирового океана, отсутствие технических средств нового поколения для морских научных и ресурсных исследований;

4. В развитии военно-морской деятельности:

- сохраняющиеся территориальные притязания к РФ и незавершенность процесса международно-правового оформления морских пространств;
- ограниченный состав боевых кораблей океанской зоны;
- ограниченные возможности по отмобилизованию морских судов, плавающих под флагом РФ, в состав военно-морского флота, что снижает эффективность решения задач в период непосредственной угрозы агрессии и в военное время, а также в мирное время при проведении специальных операций (действий).

5. В развитии судостроения, кораблестроения:

- несоблюдение сроков строительства кораблей и судов из-за необходимости решения вопросов импортозамещения;
- недостаточный уровень технической оснащенности предприятий судостроения, высокая стоимость производства, определившие низкую долю российских судоверфей в общем объеме заказов отечественных судовладельцев на строительство, модернизацию и ремонт судов гражданского назначения.

6. В развитии видов обеспечения безопасности морской деятельности:

- ### 1) в развитии навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности:
- недостаточный уровень навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности, в первую очередь, в арктических и тихоокеанских районах, ввиду существен-

ного сокращения объемов работ по картографированию морских пространств; технологического отставания в развитии инфраструктуры, инструментальных средств исследований; изношенности и несоответствия современным требованиям к проведению гидрографических, океанографических и морских геофизических исследований большей части судов и катеров;

2) в развитии гидрометеорологического обеспечения морской деятельности:

- недостаточная плотность морской береговой наблюдательной сети для получения состоятельных оценок изменчивости природной среды и дальнейшего прогнозирования мезомасштабных гидрометеорологических процессов, неблагоприятных и опасных для морской деятельности погодных явлений;
- неудовлетворительное качество результатов наблюдений, получаемых с действующей морской береговой гидрометеорологической сети, особенно в Арктическом районе, в связи с высоким износом измерительного оборудования;
- недостаточность российской орбитальной группировки космических аппаратов дистанционного зондирования Земли для решения задач в области гидрометеорологии, существенная зависимость от зарубежных спутниковых данных при гидрометеорологическом и ледовом обеспечении в Арктике, Антарктике и Мировом океане;
- практически полная информационная зависимость от спутников гидрометеорологического назначения иностранных государств при гидрометеорологическом и ледовом обеспечении в Арктике, Антарктике и других районах Мирового океана;

3) в развитии поисково-спасательного обеспечения морской деятельности:

- недостаточный уровень комплексного подхода к развитию и обеспечению функционирования сил и средств аварийно-спасательных формирований федеральных органов исполнительной власти;
- износ состава поисково-спасательных судов, связанный с низким уровнем его обновления;
- отсутствие межведомственной автоматизированной системы обмена информацией при проведении поисково-спасательных работ на море;

7. В развитии информационного обеспечения морской деятельности:

- организационная и техническая незавершенность формирования единого информационного пространства, создания общей информационно-коммуникационной ин-



фраструктуры информационного обеспечения морской деятельности.

8. В обеспечении защиты и сохранения морской среды:

– возрастающее антропогенное загрязнение морских акваторий, находящихся под юрисдикцией РФ, и недостаточная эффективность мер по обеспечению защиты морской среды от усиливающегося загрязнения с судов и других объектов морской деятельности, обусловленного ростом интенсивности судоходства, активизацией разведки и добычи природных ресурсов, от загрязнения, поступающего с водами трансграничных рек и морскими течениями с сопредельных государств.

9. В обеспечении комплексного развития приморских территорий и прибрежных акваторий:

– отсутствие нормативно-правовой базы, определяющей разработку программ комплексного развития приморских территорий и прибрежных акваторий, разграничение (согласование) полномочий федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов РФ по управлению природопользованием приморских территорий и прибрежных акваторий.

Выявленные проблемы морской деятельности позволяют утверждать, что в настоящее время государство в лице профильных федеральных министерств и ведомств недостаточно целенаправленно занимается управлением и регулированием морской деятельностью, а также эффективной поддержкой наиболее значимых ее отраслей. К примеру, по нашему убеждению, устранением отмеченных системных недостатков в рыболовстве должно заниматься не агентство по рыболовству с ограниченными возможностями и находящееся в подчинении Министерства сельского хозяйства, а полноценное Министерство рыбного хозяйства, в ведении которого будет все, от вылова рыбы до ее реализации, и, конечно, строительство рыболовных судов и рыбообрабатывающих предприятий.

Данное заключение полностью применимо и к Росморречфлоту, входящему в состав гипертрофированного Минтранса России, курирующего 24 отрасли.

Поэтому одной из главных причин возникновения указанных проблем, которые носят системный характер, является отсутствие в настоящее время в структуре Правительства РФ единого федерального органа исполнительной власти по управлению, регулированию и координации сложной и стратегически важной для РФ морской деятельности.

Анализ указанных проблем с учетом финансовых возможностей, состояния

производственной базы и научно-исследовательского комплекса страны позволил выделить основные стратегические приоритеты развития морской деятельности РФ на период до 2030 г., к которым относятся:

- 1) совершенствование законодательства РФ в области регламентации процессов развития морской деятельности, взаимодействия федеральных органов исполнительной власти и органов государственной власти субъектов РФ по решению задач государственного управления морской деятельностью;
- 2) развитие морского транспорта РФ на уровне, гарантирующем транспортную независимость и экономическую безопасность государства;
- 3) инновационное развитие рыбохозяйственного комплекса страны с широкомасштабной модернизацией и техническим перевооружением предприятий отрасли, обновлением рыбопромыслового флота, созданием научно-производственной базы, формированием ее кадрового потенциала, модернизация рыбоперерабатывающего сектора и стимулирование производства рыбной продукции глубокой степени переработки, развитие искусственного воспроизводства экологически чистых водных биологических ресурсов и аквакультуры;
- 4) планомерное и регламентированное освоение углеводородных, минеральных ресурсов дна и морских пространств, на которые распространяются суверенитет, юрисдикция и суверенные права РФ, на основе применения современной техники и инновационных технологий, обеспечивающих экологическую безопасность, расширение масштабов освоения минеральных и энергетических ресурсов Мирового океана;
- 5) проведение регулярных научных экспедиционных исследований морской среды, ресурсов и пространств Мирового океана, Арктики и Антарктики с применением современных средств и технологий;
- 6) поддержание и развитие военной составляющей морского потенциала РФ на уровне, обеспечивающем военную и пограничную безопасность РФ, защиту ее национальных интересов по изучению, освоению ресурсов и использованию морских пространств;
- 7) развитие группировок морских сил общего назначения военно-морского флота в целях наделения их функциями по стратегическому неядерному сдерживанию;
- 8) повышение мобилизационной готовности морских судов, плавающих

под флагом РФ, до уровня, необходимого для решения задач в военное время;

- 9) обновление и развитие научно-исследовательского флота;
- 10) переход к комплексному планированию развития прибрежных акваторий и приморских территорий;
- 11) создание эффективной системы гидрометеорологического обеспечения морской деятельности, включая восстановление и развитие наблюдений на морских береговых станциях гидрометеорологической сети, развитие автоматических и автономных технических средств, систем наблюдения за характеристиками морской природной среды, средств обработки и анализа информации, методов и моделей расчета гидрометеорологических характеристик морской среды, включая ледовые;
- 12) обеспечение исследовательских работ по определению возможностей использования твердых полезных ископаемых в международном районе морского дна для замещения различных видов сырья в минерально-сырьевой базе РФ;

Сегодня, как никогда, требуется сконцентрировать внимание, организационные усилия и средства органов государственной власти, органов местного самоуправления, деловых кругов, научного сообщества и общественных организаций на разрешение проблем морской деятельности, выработки и реализации национальной морской политики России как великой морской державы в интересах возрастания ее экономического и военно-морского могущества.

Очевидно назрела необходимость формирования отдельного Министерства (Министерства морской деятельности или Морского министерства), на которое можно возложить управление всеми видами морской деятельности, что позволит проводить скоординированную национальную морскую политику, иметь централизованную систему управления в области морской деятельности РФ, осуществлять стратегическое планирование развития всех составляющих морского потенциала РФ на всех региональных направлениях.

Создание и функционирование отдельного Морского министерства будет способствовать повышению уровня национальной безопасности государства в сфере морской деятельности, развитию морской транспортной системы, продовольственного, топливно-энергетического и сырьевого комплексов страны с учетом их влияния друг на друга и на морскую среду и, в целом, позитивным изменениям социально-экономической ситуации в стране. ■



Развитие рыночной экономики и на этой основе повышение эффективности народного хозяйства определяются, в первую очередь, уровнем профессиональной подготовки людей, степенью реализации их физического и духовного потенциала в повседневной конкретной деятельности.

В настоящее время, несмотря на переживаемый мировой экономикой кризис, основой развития является экономика знаний. «Одно время решающим фактором производства была земля, затем капитал... Сегодня решающий фактор – сам Человек и его знания», – Папа Римский Иоанн Павел II [2, с. 34].

Различные сочетания способов увеличения производительных сил экономической системы определяют ее структуру и динамику развития. По определению К. Маркса, «экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда» [3]. В этой связи значимость отдельных видов ресурсов изменяется по мере перехода от доиндустриальной к индустриальной, и от нее к постиндустриальной технологии.

В доиндустриальном обществе приоритет принадлежал природным и трудовым ресурсам, в индустриальном – материальным, в постиндустриальном – интеллектуальным и информационным ресурсам. В настоящее время технологическая революция с информационными технологиями заново формирует материальную основу общества. В новой информационной экономике – экономике, основанной на знаниях, источник производительности заключается в технологии генерирования знаний. Новые знания привносят, а зачастую создают основную стоимость товара [1].

Экономика знаний – тип экономики, где сектор технологической материализации знаний играет решающую роль, а производство является источником экономического роста.

Большая и все увеличивающаяся доля современного хозяйства основана на знаниях (речь идет не только о науке и технологиях, но и о знаниях в таких быстро растущих отраслях, как финансовые, банковские и профессиональные услуги), использование которых как экономического ресурса принципиально отличается от использования материальных продуктов. Постоянное создание нового знания, его неотчуждаемость в процессе обмена и продажи приводят, с одной стороны, к избытию, перепроизводству знания, с другой стороны, возрастает ценность уникальных видов знания, обладание которыми обеспечивает большие экономические преимущества.

Человеческий капитал стал главным производительным фактором в создании

ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВУЗАХ

А.В. Абрамов, д-р эконом. наук, проф., зав. кафедрой экономики судостроительной промышленности,

А.Н. Москалев, канд. техн. наук, доцент кафедры математики, СПбГМТУ, контакт. тел. (812) 753 5721

новых технологий, развитию производств, повышению их эффективности, опережающем развитии науки, культуры, здравоохранения, безопасности, социальной сферы. Из докладов ООН следует, что удельный вес человеческого капитала в таких высокоразвитых странах, как США, Финляндия, Германия, Япония, Швейцария и др., составляют до 80% их национального богатства.

Основой экономики знаний являются человек и получаемое им образование как источник создания новых знаний. В экономике знаний образование позволяет интегрироваться в систему, опыт и практические знания появляются благодаря широкому использованию получаемого образования.

Таким образом, резко возрастает роль высшей школы в подготовке и создании интеллектуальных ресурсов общества. Поэтому поиск путей повышения качества, эффективности подготовки специалистов в высших учебных заведениях, как, впрочем, и во всех других звеньях народного образования, имеет непреходящую социально-экономическую значимость.

Ранее часто критиковалась административно-командная система в высшей школе, как и в целом в народном образовании, в результате которой сложился усредненный, обезличенный подход к процессу обучения, преобладали количественные показатели, процветала процентомания. «Балом правил» контингент (количество одновременно обучающихся), на основе которого осуществлялось финансирование, определялся уровень материального вознаграждения работников. Одним словом, в вузах наладилось поточное производство продукции с ориентацией на вал в ущерб качеству обучения.

Несмотря на трансформацию общественно-политической системы, положение в высшей школе практически не изменилось (применительно к условиям оценки деятельности высшей школы и финансирования). В то же время совершенствовались подходы к содержанию учебного процесса и основных образовательных программ.

В соответствии с действующими основными образовательными программами в результате изучения отдельных

дисциплин студенты должны *знать* (перечисляются вопросы), *уметь* (перечисляются навыки), *владеть* (перечисляются методы). Именно уровень этих знаний и формирует степень подготовленности выпускника высшей школы.

Выпускник должен обладать соответствующими общекультурными и профессиональными компетенциями.

По нашему мнению, обобщенная оценка того, что студенты должны знать, дается при проведении государственного экзамена, того, что должны уметь, – по результатам производственной и преддипломной практики, того, чем должны владеть, оценивается на защите выпускной квалификационной работы.

Оценка качества освоения основных образовательных программ должна включать текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и итоговую государственную аттестацию выпускников. Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний по каждой дисциплине разрабатываются вузом, в том числе и СПбГМТУ, самостоятельно.

Закономерно возникает вопрос, как оценить качество подготовки студентов в вузе?

Насколько хорош, отвечает потребностям практики тот или иной молодой специалист, вышедший из институтских стен? К сожалению, несмотря на попытки многих отечественных и зарубежных исследователей развития высшей школы ответить на данный вопрос, это оказывается не так просто. Более того, среди научных работников и практиков нет единства мнений, в каких направлениях следует прилагать первоочередные и максимальные усилия в условиях ограниченных вложений и материальных ресурсов с целью улучшения качества подготовки специалистов. Привычные призывы «усилить», «повысить ответственность», «добиться» и т. д. без продуманных мотиваций к их исполнению в настоящее время не работают и способны лишь частично отразить некоторые качественные характеристики модернизации процесса обучения. Вследствие этого отсутствует эффективная обратная связь, без чего управлять процессом обучения чрезвычайно трудно.

Следовательно, необходима соответствующая количественная оценка (функция параметров управления) состояния и уровня профессиональной подготовки студентов, одновременно отражающая эффективность управления учебно-воспитательной деятельности. По нашему мнению, использование количественной оценки позволит ставить и решать задачи управления подготовкой специалистов более конкретно, как оптимизационные. При этом несостоятельны и вряд ли целесообразны попытки полностью формализовать и регламентировать такую многогранную сферу деятельности. Вероятно, в этом случае более приемлем содержательный неформальный анализ в рамках парето-оптимальных решений.

Как известно, в настоящее время в качестве критерия оценки уровня подготовки студента общепринята традиционная академическая успеваемость, отражаемая определенным соотношением оценок «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» в зачетной книжке. В недалеком прошлом этот показатель был, можно сказать, мерилом оценки работы вуза. Ради его повышения было сказано немало копий в различных инстанциях, а главное – судеб людей.

Однако очевидно, что этот критерий имеет много погрешностей. Не секрет, что «пятерки», полученные студентом престижного столичного вуза и аналогичного ему по профилю молодого периферийного института со значительно менее развитой учебно-материальной базой и еще не сложившейся научной школой – это далеко не одно и то же. Более того, уже в период вступительных экзаменов предъявляются различные требования к знаниям абитуриентов. В этой связи ценность диплома специалиста во многом определяется потенциалом вуза.

Кроме того, сугубо в рамках академической успеваемости трудно, если вообще возможно, практически сравнивать уровень подготовки как выпускников разных вузов по одноименным специальностям, так и студентов разных факультетов в пределах одного вуза. Если исходить из этого критерия, то следует признать, что учебные подразделения, где выставляются преимущественно отличные оценки всем прослушавшим программу курса по той или иной дисциплине (учебной программе), являются наиболее «показательными», «образцовыми», и, соответственно, их выпускники – первоклассные инженеры, педагоги, врачи и т. п.

На наш взгляд, вызывает сомнения и широко распространенный подход, когда качество подготовки специалиста оценивается по результатам практической его деятельности через

несколько лет после окончания вуза. Во-первых, такая оценка неоперативна и предполагает определенный временной лаг. Во-вторых, как нередко бывает, продвижение по служебной лестнице и, соответственно, уровень материального вознаграждения зависят от многих, порой случайных, факторов и далеко не всегда коррелируются с успехами в учебе. В-третьих, в условиях обострения конкуренции за реализацию права на труд эта практическая деятельность может попросту не состояться в течение нескольких лет по окончании вуза, или она может проходить совсем в другой сфере, ничего общего не имеющей с полученным профессиональным образованием. Наконец, что самое существенное, ошибочно отождествлять понятия «качество подготовки специалиста» и «качество специалиста». Как известно, в становлении специалиста вуз играет роль промежуточного звена, поскольку важное значение имеют довузовский период и особенно начальный период трудовой деятельности человека как профессионала.

Разумеется, вышесказанное не следует понимать, как предложение полностью игнорировать традиционную шкалу оценок. Несмотря на несовершенство и погрешности, она при некоторой корректировке позволяет с большей или меньшей достоверностью судить об уровне подготовки специалистов. В частности, существуют предложения использовать оценки качества обучения по средневзвешенному показателю текущей успеваемости в течение семестра с десятичными долями балла – 3,7; 4,4 и т. п. Однако такой метод приведет к утомительной для преподавателя «бухгалтерии». Если же по определенной дисциплине контроль текущей успеваемости вообще отсутствует, то только лишь на экзамене обоснованно выставить оценку, скажем, 4,2 или 4,3 попросту невозможно. Традиционная же оценка (4,0) будет означать возврат к прежней, «классической», шкале.

Поэтому для обоснованного выбора кардинальных факторов, влияющих на уровень подготовки специалиста и оценку ее качества, для анализа эффективности их действия, определения приоритетных направлений развития процесса обучения как один из вариантов может быть использована модель с единым комплексным критерием. Не претендуя на окончательное решение этой проблемы, считаем, что предъявляемым требованиям наиболее полно отвечает показатель качества обучения как итоговая оценка уровня знаний студента по какому-либо предмету. При этом показатель качества обучения r должен отражать следующие факторы: оценку получен-

ных знаний (уровень усвоения) u ; меру качества процесса обучения (уровень обучения) v ; объем полученных знаний (количественный уровень) w .

Несомненно, эти факторы являются взаимозависимыми, и каждый из них, в свою очередь, включает в себя несколько характеристик учебного процесса. Выставляя отличную оценку студенту, сдающему экзамен, например, экстерном и показывающему полное и глубокое владение предметом, преподаватель тем самым, не имея формально оснований оценить качество процесса обучения, признает знания студента высокими. Однако, ориентируясь на среднестатистического обучаемого, можно такие исключительные случаи оставить в стороне. Игнорирование корреляции величин u , v , и w означает практически, что экзаменатор должен оценивать только усвоение студентом изложенного преподавателем материала.

Не имея априори достаточно обоснованных альтернативных предположений, можно считать r линейной функцией по каждой переменной и принять $r = uvw$. Значение предмета i для подготовки по специальности j учитывается с помощью весового коэффициента a_{ij} . Тогда выражение

$$r_j^{(k,s)} = \sum_{i \in I_j} a_{ij} u_i^{(k)} w_{ij}^{(s)}, j \in J \quad (1)$$

позволяет оценить качество подготовки студента k по специальности j в вузе s .

Здесь I – множество всех дисциплин i , J – множество всех специальностей. То же выражение, но для

$$i \in I' \subset I = \bigcup_j I_j,$$

позволяет делать оценки по отдельным семестрам, группам дисциплин и т. п.

Матрица коэффициентов влияния $A = \|a_{ij}\|$ достаточно статична и может существенно изменяться лишь в случае образования новых специальностей или быстрого изменения общественного значения какого-либо отдельного фактора, скажем, при компьютеризации.

Может показаться, что элементы a_{ij} определены неявно в виде заданного соотношения часов по дисциплинам в учебных планах. Но это не совсем так. Их все же достовернее периодически определять путем широкого экспертного опроса. При этом можно ограничиться разумной степенью детализации («математика», «физика» и т. п.), в пределах которой гарантирована компетентность экспертов. Если требуется более подробная расстановка приоритетов, то она проводится посредством привлечения специалистов в данной области. Или же можно считать, что она проведена неявно распределением часов «внутри» укрупненной дисциплины.

В основу нашей методики расчетов положим в качестве коэффициентов a_{ij} семь первых членов последовательности чисел Фибоначчи – 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, соответствующие смысловому содержанию понятий: 1 – абсолютно неважно; 2 – малозначительно; 3 – ниже средней важности; 5 – средней важности; 8 – важно; 13 – очень важно; 21 – исключительно важно. Заметим, что под полярными понятиями «абсолютно неважно» и «исключительно важно» понимаются конечные положительные значения, а не 0 и ∞ соответственно.

Далее число $u_i^{(k)}$ – оценка усилий самого учащегося. Если в выражении (1) положить $u_i^{(k)} = u_{\max} = 5$, то получим максимально возможное значение $\max_k r_j^{(k,s)}$.

Нормируя это выражение, получаем величину

$$R_j^{(s)} = z \frac{\sum_{i \in I_j} a_{ij} v_{ij}^{(s)} w_{ij}^{(s)}}{\sum_{i \in I_j} a_{ij} v_{ij} w_{ij}}, \quad (2)$$

где $z = 1, 10, 100, \dots$ О показателях $v_{ij}^{(s)}, w_{ij}^{(s)}$, v_{ij}, w_{ij} будет подробнее сказано ниже. Эту величину условно можно назвать рейтингом вуза s по специальности j . При этом во избежание нелепых ситуаций должно быть известно некоторое пороговое значение R_j^* , так что при $R_j^{(s)} < R_j^*$ вуз не аттестуется по данной специальности.

Рейтинг вуза s

$$R^{(s)} = \frac{\sum_{j \in J} n_j^{(s)} R_j^{(s)}}{\sum_{j \in J} n_j}, \quad (3)$$

где $n_j^{(s)}$ – число студентов специальности j , $N^{(s)} = \sum n_j^{(s)}$.

Здесь сразу же необходимо подчеркнуть следующее: предложенные обобщенные характеристики (2), (3) качества подготовки предназначены не для формального ранжирования вузов, а для использования в качестве «внутреннего» критерия оценки их учебной деятельности, т. е., в первую очередь, для эффективного решения принципиальных задач управления собственным учебным процессом, хотя, в принципе, возможно предусмотреть и первоначально упомянутое их использование. В этом случае нужно весьма точно определить допустимые числовые границы оценок v и w с тем, чтобы не произошла необоснованная девальвация дипломов хороших выпускников «малорейтинговых» вузов. Работодатель при найме отдаст предпочтение скорее всего выпускнику вуза с высоким рейтингом. Однако это уже требует отдельно-

го разговора. Вернемся к определению величин, входящих в выражение (2). Наиболее сложный и подверженный конъюнктуре момент – это определение качества процесса обучения ввиду множества используемых трудноформализуемых понятий и факторов. Каждый, кто предпринимал практические попытки построения формальной модели реального явления, особенно связанного с человеческой деятельностью, знает, сколь сложна такая задача из-за необходимости поиска удовлетворительного компромисса между взаимоисключающими требованиями. Естественное стремление исследователя охватить как можно большее число граней изучаемого предмета оборачивается прокрустовым ложем для анализа математических свойств построенной модели. Поэтому мы сочли целесообразным выделить всего лишь три различные характеристики, определяющие качественный уровень обучения: 1) уровень теоретической подготовки v_{ij1} ; 2) уровень научно-практической деятельности студента в стенах вуза v_{ij2} ; 3) уровень организации практики v_{ij3} .

Каждый из этих показателей, в свою очередь, интегрируется из более мелких показателей разного уровня; v_{ij} , например, зависит от квалификации преподавателя, вида учебной деятельности (лекции, практические занятия, самостоятельная работа и т. п.), обеспеченности учебного процесса современными техническими средствами и многого другого. Квалификация преподавателя зависит, как принято считать, от его ученой степени и звания, стажа (нелинейно), методической активности и пр. Оценить уровень организации практики и научной работы можно процентом студентов, направленных в крупные отраслевые или академические учреждения, выполняющих соответствующую квалифицированную работу, участвующих в семинарах, конференциях и т. д. Для получения объективного суждения о всех этих показателях желательно учитывать и мнение самих студентов.

При этом, строго говоря, всегда должно выполняться равенство $w_{ij}^{(s)} = w_{ij}$. В случае их отличия в выражении (1) учитывается фактическая нагрузка. Не углубляясь в подробности, отметим, что величины w_{ij} и $w_{ij}^{(s)}$ следует считать нормативными, причем последняя из них может быть найдена в результате статистической обработки эмпирического материала.

Рамки настоящей статьи не позволяют глубже и шире раскрыть все факторы, определяющие объем полученных знаний, поэтому несущественные детали можно оставить в стороне. Во всяком случае, понятно, что все отмеченные факторы могут быть более или менее

адекватно представлены в виде числа (функции).

Таким образом, предложенный критерий в форме (1) – (3) (повторяем, что мы не претендуем на окончательное суждение и всесторонний охват проблемы) позволяет оценивать как деятельность студента в рамках вуза, так и сам вуз, т. е., в конечном счете, качество подготовки специалиста.

В заключение заметим, что при использовании предложенной методики следует иметь в виду, что при фиксированных условиях в каждый момент времени величина $R^{(s)}$ постоянна. Однако, например, на момент составления расписания $R_{\min}^{(s)} < R^{(s)} < R_{\max}^{(s)}$, где $R_{\max}^{(s)}$ ($R_{\min}^{(s)}$) отвечает наилучшему (наихудшему) возможному варианту организации учебного процесса и показывает максимально возможный на данный момент потенциал вуза. При этом не приходится рассчитывать на то, что компьютерная программа составит идеальное расписание. Поэтому практическое применение критерия (1) – (3), кроме ранжирования учащихся, заключается в его использовании для исследования ряда важных локальных задач. Например, можно изучить его устойчивость по отношению к вариации тех или иных факторов управления. Выявленные большие значения производных по какому-либо направлению будут указывать приоритеты в модернизации процесса управления подготовкой студентов. Здесь можно априори предположить экспоненциальную зависимость с отрицательными показателями степени характеристик (2), (3) от некоторых факторов. Причем в докритической области система функционирует нормально, а при выходе параметров за пределы этой области происходит отказ управления системой. Экспертными опросами можно установить эмпирические значения критических параметров, после чего оценить сами величины факторов.

Еще раз подчеркнем, что предложенный критерий представляет собой лишь структуру, схему, разработка деталей которой являет собой нелегкую задачу. Поэтому авторы с благодарностью воспримут направленные в их адрес критику и пожелания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов А. В., Титов А. В.* Современные проблемы инновационной экономики. – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2016.
2. *Нордстрем Кьел А., Риддерстрале Йонас.* Бизнес в стиле фанк (Капитал пляшет под дудку таланта). – Изд. 5-е, исправл. – Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2005.
3. *Маркс К.* Капитал. – Вторая книга: Процесс обращения капитала // Соч. – Т. 49. – С. 190. ■

21 июня 2018 г. в концертном зале ЦНИИ «Электроприбор» состоялось собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области совместно с представителем Морского Совета при Правительстве Петербурга. На нем присутствовали директор или заместители директоров 32 предприятий из 49 предприятий – членов Ассоциации, ученый секретарь Научно-технического совета ОСК А. В. Бавыкин (Москва), представитель Морского Совета В. А. Полубаркин, председатель территориальной организации профсоюзов С. П. Максименко, председатель Союза ветеранов судостроения Петербурга А. И. Затчаев, пресса и ТВ.

Председатель собрания – президент Ассоциации В. Л. Александров.

1. С опытом «Концерн ЦНИИ «Электроприбор» подготовки инженерных и научных кадров познакомил его генеральный директор академик РАН В. Г. Пешехонов.



Выступает академик В. Г. Пешехонов

Он сообщил, что за 2003–2017 гг. при постоянной численности работников объемы производства и выработка увеличились в разы.

На 1.06.2018 г. средний возраст работников института составляет 47 лет, а авангардных подразделений – от 29 лет до 41 года. Возраст начальников подразделений – 42,5 года.

Основой системы подготовки научных и инженерных кадров является организация базовых кафедр в Университете ИТМО, СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и СПбПУ. Студенты и выпускники этих кафедр принимаются на работу в институт.

Кадровый резерв готовится по программе «Подготовка кадрового резерва в организациях ОПК: развитие управленческих навыков». Семь человек обучались в рамках президентской программы подготовки управленческих кадров.

В аспирантуре ЦНИИ «Электроприбор» и на базовой кафедре ИНС обучается 17 человек. Широко практикуется участие молодых ученых в конференциях и семинарах, в том числе международных.

РЕШЕНИЕ ВЫЕЗДНОГО СОВМЕСТНОГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЗАСЕДАНИЯ СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга
и Ленинградской области,
контакт. тел. (812) 786 1172*

2. О перспективных технологических разработках в области судостроения доложил директор НТФ «Судотехнология» ЦТСС В. М. Левшаков.

Центр технологии судостроения и судоремонта (ЦТСС) разработал комплекс современных импортозамещающих технологий и оборудования для основных видов производства судостроительных и судоремонтных предприятий отрасли. Указанные разработки внедрены на ведущих заводах отрасли, в том числе АО «ПО «Севмаш», АО «ЦС «Звездочка», АО «Балтийский завод» и др.

3. О переиздании книги «Битва за Ленинград» проинформировал присутствующих директор НП «Альянс-клуб» С. И. Полонский.

Это послужит подспорьем в деле патриотического воспитания молодого поколения и изучения достоверной истории Великой Отечественной войны, что остается исключительно актуальным в наши дни.

В обсуждении докладов и информации приняли участие В. Л. Александров, М. В. Александров, С. П. Максименко и др.

Решения собрания

1. Информацию по докладу В. Г. Пешехонова принять к сведению. Рекомен-

довать руководителям предприятий – членов Ассоциации предметно изучить опыт ЦНИИ «Электроприбор» по подготовке научных и инженерных кадров в целях значительного повышения экономических показателей организаций.

2. Рекомендовать руководителям предприятий – членов Ассоциации подробнее ознакомиться с последними разработками ЦТСС с целью возможного их использования на своих предприятиях.

Настоящим решением просить руководство ОСК активнее привлекать ЦТСС на договорной основе для модернизации предприятий, входящих в эту корпорацию.

3. Поддержать инициативу директора НП «Альянс-клуб» Российского союза ветеранов писателя С. И. Полонского издать книгу «Восемь великих сражений 1941–1945 гг.» как дополнительного источника знаний для школьников. Предложить ему обратиться к ведущим предприятиям – членам Ассоциации за помощью в подготовке и издании указанной книги.

Поручить исполнительной дирекции подготовить обращение к руководству ОСК и предприятий, входящих в ОСК, о долевом финансировании этого издания. ■



«**Н**ам нужна морская держава, нужно снабдиться флотом на юге России, стараться приискать фарватер», – писал Григорий Александрович Потёмкин графу А. А. Безбородко 30 июля 1783 г. На южных рубежах свершались великие исторические события, о которых в свое время мечтал Петр Великий. 8 апреля 1783 г. под скипетр Российской державы перешли Крымский полуостров, Тамань «и вся кубанская сторона», о чем императрица Екатерина II известила подданных манифестом, после чего президент Военной коллегии Г. А. Потёмкин получил право именоваться светлейшим князем Потёмкин-Таврическим.

2 (13) мая 1783 г. вице-адмирал Ф. А. Клокачёв – «начальствующий на Чёрном море» – с отрядом судов вошёл в Ахтиарскую гавань – будущий город и порт Севастополь, где произошло соединение двух кораблей и пяти фрегатов Азовской флотилии, трёх шхун, оставшихся от Дунайской флотилии графа П. А. Румянцева, и двух малых судов. **И это соединение стали называть Черноморским флотом.**

Федот Алексеевич Клокачёв пробыл в Ахтиаре всего шесть дней и доложил начальству впечатления о будущей базе Черноморского флота: «При самом входе в Ахтиарскую гавань дивился хорошему ее с моря положению, а вошедши и осмотревши, могу сказать, что во всей Европе нет подобной сей гавани положением, величиною и глубиною. Можно в ней иметь флот до ста линейных судов. Натура такие хорошие устроила лиманы, что сами по себе отделены на разные гавани, то есть военную и купеческую. Без собственного обозрения нельзя поверить, чтоб сия гавань была так хороша. Ежели благоугодно будет Ея Императорскому Величеству иметь в здешней гавани флот, то на подобном основании надобно здесь завести порт, как в Кронштадте».

Конечно же, Екатерине II было угодно в скором будущем увидеть сто-

«НАМ НУЖНА МОРСКАЯ ДЕРЖАВА» ЧЕРНОМОРСКОМУ ФЛОТУ – 235 ЛЕТ!

*Г.А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф.,
историограф Санкт-Петербургского Морского Собрания,
контакт. тел. (812) 312 5396*



явший в Ахтиарской гавани военный флот. Оставшийся в Ахтиаре вместо Ф. А. Клокачёва контр-адмирал Томас Макензи (английский офицер на русской службе) коротко проинформировал руководство о первых успехах: «Ныне мы упражняемся в Ахтиарской гавани, делаем казармы, магазины, завел маленькое Адмиралтейство», одним словом, началось строительство инфраструктуры флота.

235 лет прошло со времени тех важных событий в жизни Черноморского флота и всей России, но они не забыты. Севастополь помнит и чтит героическое начинание русских моряков, и 13 мая 2018 г. в честь знаменательной даты состоялись праздничные мероприятия. День начался со службы во Владимирском Морском Соборе и почтения в усыпальнице памяти адмиралов М. П. Лаза-

рева, П. С. Нахимова, В. А. Корнилова и В. И. Истомина. Главные юбилейные торжества открылись парадом представителей всех родов войск на площади П. С. Нахимова и награждением офицеров командующим Черноморским флотом адмиралом А. В. Витко. Александр Викторович подчеркнул большую значимость Севастополя и Черноморского флота на современном этапе, роль флота в обеспечении обороны южных морских рубежей России, отметил высокую степень профессиональной подготовки офицеров.

Затем на Графской пристани Севастополя состоялось театрализованное костюмированное представление: перед жителями и гостями города предстали в нарядах и мундирах 80-х гг. XVIII в. Екатерина II, князь Г. А. Потёмкин-Таврический, Федот Клокачёв, Томас Макензи и другие исторические персонажи, стоявшие у истоков Севастополя. Особую торжественность празднику придали пушечные выстрелы, раздавшиеся после произнесенных речей.

Присутствовавшие на торжествах представители Санкт-Петербургского Морского Собрания от имени его председателя Н. В. Орлова сердечно поздравили командование флотом, моряков-черноморцев, Севастопольское Морское Собрание со знаменательной датой и пожелали всем крепкого здоровья, успешной работы и службы на благо Отечества и флота. ■

*Фото пресс-секретаря
Морского Собрания И. А. Лещенко*



1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.03:656:629.57 **Ключевые слова:** опытовый бассейн, экспериментальное исследование заливаемости, крановое судно, судно с трюмом без люковых закрытий, регуляторное волнение

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, А.В. Демидюк. Экспериментальное исследование заливаемости кранового судна с трюмом без люковых закрытий // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 8

На базе методики проведения испытаний по оценке заливаемости контейнерных судов типа «ореп топ» разработана методика аналогичной оценки заливаемости судна с открытым трюмом для навалочных грузов. Выполнена экспериментальная оценка заливаемости кранового судна с трюмом без люковых закрытий. Подтверждена правильность принятых проектных решений. Т. 4. Ил. 9. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** СФ «Алмаз», катер ЗК, малый охотник МО-4, катер КМ, торпедный катер пр. 183, МРК «Овод», КВП «Джейран», КВП «Зубр», ракетный катер «Молния»

И.М. Мухутдинов, С.Н. Галиченко, И.Я. Баскаков. Судостроительной фирме «Алмаз» – 85 лет//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 13

Подробно рассказано о возникновении, становлении и развитии СФ «Алмаз», которой исполняется 85 лет. Особое внимание уделено продукции фирмы и специалистам, вложившим свой труд в их создание. Ил. 23.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** ПОА «ВСЗ», взаимодействие, Российский морской регистр судостроения, правила регистра, рыбопромысловые суда

А.С. Соловьев. Актуальный опыт ПАО «Выборгский Судостроительный завод» по взаимодействию с проектантом и РМРС при проектировании и строительстве современных рыбопромысловых судов//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 25

Дан анализ практического опыта ПАО «Выборгский судостроительный завод» по взаимодействию с российскими и иностранными проектантами, а также Российским морским регистром судостроения (РС), при строительстве серий рыболовных траулеров-процессоров. Подробно рассмотрены некоторые практические вопросы, возникшие в процессе проектирования, в том числе дан анализ обеспечения соответствия иностранных проектов правилам РС и основных проблем, возникающих у иностранных проектантов. Предложена корректировка правил РС применительно к рыболовным судам. Ил. 2

УДК 338.5.65.011.56 **Ключевые слова:** ОПК, промышленное предприятие, экономическое стимулирование, ликвидность, бюджетные средства, дефицит, цена

И.Л. Вайсман, А.Е. Карлик, Е.А. Ткаченко. Об экономическом стимулировании развития и диверсификации промышленных предприятий ОПК//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 29

Рассмотрены доступность и уровень вовлечения амортизации и прибыли от реализации продукции в финансовый оборот компаний. Показано, что предприятия ОПК, реализующие проекты своего развития на привлеченный капитал, должны получить право на применение метода сравнимой цены на продукцию по госзаказу и на соответствующую расчетную максимальную прибыль. Достигнутая экономия при исполнении головным исполнителем сроков, качественных и количественных характеристик ГОЗ, должна оставаться в распоряжении предприятия (после налогообложения прибыли) в виде чистой при-

были, две трети которой в соответствии с условиями контракта должна направляться на реализацию проектов модернизации и/или диверсификации мощностей, обеспечения роста производительности труда, освоения производства новой высокотехнологичной продукции гражданского или двойного назначения. Ил. 1.

УДК 658.531:005.521 **Ключевые слова:** судостроение, отрасль, отраслевое управление, стратегическое управление, стратегия, потенциал, производительность, методология

А.В. Иванкович. Финансовые инструменты в методологии отраслевого управления//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 33

О рациональном варианте создания отраслевой системы управления отраслью – дифференцировании потребностей-возможностей. Показано, что управленческий потенциал такой корпорации будет определяться, с одной стороны, ее мобилизационными и перераспределительными полномочиями, с другой – доступом к стратегическим базам данных, обеспечивающим вверенное ценообразование, расчёт ресурсопотребления и т.д. Корпорация как юридическое лицо должна минимизировать размер материальных активов, которыми может распоряжаться ее аппарат (денежные средства, основные фонды и т.д.). Ил.1. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.039:621.165 **Ключевые слова:** испытания кораблей, проблемы надежности, отказ оборудования, ремонт, небоготовность

Л.М. Клячко, В.В. Дударенко. Сложная техника – высокие риски. Из опыта зарубежного кораблестроения // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 35

Обзор опыта кораблестроения в США, Великобритании, Франции, Германии. Особое внимание уделено проблемам, возникающим в ходе проектирования и строительства современных кораблей. Обозначены причины этого. Ил.4. Библиогр. 29 назв.

УДК 629.081.328 **Ключевые слова:** судно, спуск на воду, плавучий док, безопасность, передаточный плавучий док, береговая опора

А.Г. Смирнов. Использование плавучих доков для спуска судов на воду и подъема с воды на берег//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 43

Рассмотрены различные виды плавучих доков, использовавшихся для спуска судов на воду, начиная с середины XIX в., и отечественная практика постановки судов в плавучие доки. Особое внимание уделено вариантам размещения плавучих доков на опоры, стальные места. Ил. 14. Библиогр. 11 назв.

УДК 539.3 **Ключевые слова:** глубоководный иллюминатор, обжимная шайба, параметры

Н.М. Вихров, В.П. Лянзберг. Определение параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 48

Исследована несущая способность иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска с использованием обжимной шайбы. Приведен расчет трехмерной асимметричной задачи линейной теории упругости с целью определения возможного увеличения давления и надежности изделия. Ил.1. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.791.75.037–59 **Ключевые слова:** сварочный материал, порошковая проволока, механизированная сварка, смесь защитных газов, сварка

М.А. Будниченко, Ю.В. Аввакумов. Внедрение современных сварочных материалов в кораблестроении. Раз-

работка высокопроизводительной технологии механизированной сварки конструкций из высокопрочной стали с использованием порошковой проволоки ПП-А22/9 (Св-03Х22 Н9 АМ3) в смеси защитных газов//Морской вестник. №3(67). 2018. С. 51

Рассмотрены принципы выбора новых сварочных материалов для кораблестроения на примере порошковой проволоки аустенитно-ферритного типа для высокопроизводительной механизированной сварки конструкций ответственного назначения из высокопрочной стали в смеси защитных газов. Приведено краткое описание исследования структур металла шва различного типа и свойств сварных соединений по предлагаемой технологии. Показаны результаты внедрения. Т. 1. Ил. 11. Библиогр. 4 назв.

УДК620.1 **Ключевые слова:** пространственные шарнирные механизмы с вращательными шарнирами, пространственный шарнирный четырехзвенник Беннетта, спуско-подъемное устройство, дверца судовая, схемно-конструктивная модель, техническое предложение, проектирование, конструкция

М.А. Александров, Н.А. Грибенюк. Модель приспособления для закрытия судовой крышки (дверцы) с приводом на основе пространственного шарнирного механизма//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 59

Описано техническое предложение в виде запирающего судовую дверцу устройства на основе пространственного шарнирного механизма. Данное предложение вызвано тем, что необходимые при эксплуатации спуско-подъемного устройства элементы расположены близко к дверце и мешают ее свободному открытию. Составлена кинематическая модель привода и рассчитана траектория перемещения его исполнительного звена. Для подтверждения теоретических расчетов программной среды 3D моделирования SolidWorks была создана анимация работы механизма, которая дала наглядное представление о принципе его действия, а также подтвердила работоспособность механизма и соответствие теоретическим данным компьютерного эксперимента. Отмечается, что пространственный шарнирный четырехзвенный механизм Беннетта, несмотря на простоту его конструкции, благодаря особым геометрическим параметрам способен воспроизводить сложные траектории движения в пространстве. В результате работы удалось получить адаптацию схемы механизма Беннетта с целью воспроизведения траектории движения, необходимой для перемещения судовой дверцы в требуемое положение. Ил. 6. Библиогр. 15 назв.

УДК 621.372.6 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», качество электроэнергии, коэффициент нелинейных искажений, математическая модель, MatLab Simulink, имитационная модель ЕЭЭС с ГЭУ, графический интерфейс пользователя

Д.В. Умаров, А.Л. Максимов. Опыт разработки методики исследования влияния полупроводниковых преобразователей частоты на качество электроэнергии систем электроснабжения судов//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 63

Обозначена проблема качества электроэнергии на судах, оснащенных ЕЭЭС с ГЭУ. Приведены математические модели элементов ЕЭЭС с ГЭУ. Представлены имитационная модель ЕЭЭС с ГЭУ в среде MatLab Simulink и графический интерфейс пользователя. Приведен пример расчета коэффициента нелинейных искажений напряжения сети, а также проведено сравнение результатов расчета с результатами, полученными при испытании на стенде. Ил. 8. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5.08 **Ключевые слова:** шестеренка, зацепление, габариты



А.А. Горбачев, П.С. Андреев. Применение эксцентриково-циклоидального зацепления в приводах судовых механизмов//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 69

Предлагается вариант технической реализации эксцентриково-циклоидального зацепления (ЭЦ). Проведен кинематический анализ и прочностной расчеты шестерен с ЭЦ зацеплением и сравнение с эвольвентным зацеплением. Данный вид зацепления может быть применен в редукторах в составе большого спектра изделий, требующих малых габаритов, высокой мощностной способности, а также высокого КПД. Ил. 5. Библиогр. 4 назв.

УДК 78.21.53.16 **Ключевые слова:** остаточный ресурс, повреждение, модель накопления статических повреждений, модель накопления циклических повреждений, критерий предельного состояния, имитационное моделирование, параметр моделирования

А.А. Бабичев. Имитационное моделирование в двухфакторной модели накопления повреждений для прогнозной оценки расхода ресурса газотурбинных двигателей в структуре главных энергетических установок надводных кораблей//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 72

Приведены способы получения информации для расчета остаточного ресурса газотурбинных двигателей в структуре главных энергетических установок надводных кораблей с помощью двухфакторной линейной модели накопления повреждений и имитационного моделирования. Ил. 11. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.05017:002 **Ключевые слова:** метод конечных элементов, вибрация, колебания, удар, прочность, стойкость

В.Ю. Макаров, М.Ю. Хохлов. Использование метода конечных элементов для оценки прочностных характеристик оборудования при динамических нагрузках // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 79

Рассмотрены проблемы, возникающие при динамическом нагружении оборудования, определены отклики конструкций при вибрации и ударе, приведены аналитические зависимости, по которым возможно обоснование прочности изделия при динамическом воздействии. Также представлен охладитель наддувочного воздуха 2 ОНВ.000-06-02 ОМ4, разработанный ООО «Винета». Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.436:621.438 **Ключевые слова:** газотурбинные двигатели, энергомашиностроительные предприятия, параметры рабочего тела, корабли ВМФ

А.С. Лобанов, В.В. Барановский. Обоснование перспективного корабельного газотурбинного двигателя пятого поколения // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 81

Приведены материалы о современном состоянии производства отечественных корабельных газотурбинных двигателей и информации об освоении зарубежными энергомашиностроителями подобных двигателей нового поколения. Аргументированы направления разработки отечественных перспективных корабельных газотурбинных двигателей пятого поколения. Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5.035.58 **Ключевые слова:** соосные гребные винты противоположного вращения, биротативный электродвигатель

А.Р. Тогуниц, Л.И. Вишневецкий. Гидродинамические аспекты работы соосных гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 83

Дан краткий обзор применения соосных гребных винтов противоположного вращения (СГВ) с электрической передачей мощности на судах гражданского назначения. Приведено теоретическое обоснование гидродинамической эффективности работы СГВ с биротативным электродвигателем. Сформулированы научно-технические вопросы в области гидродинамики, решение которых необходимо для успешного применения СГВ с передачей мощности от биротативного двигателя. Отмечены особенности модельных гидродинамических исследований СГВ с передачей мощности от биротативного электродвигателя и построения диаграмм серий СГВ при сохранении равенства моментов на гребных винтах во всем диапазоне нагрузок. Ил.2. Библиогр. 19 назв.

УДК 656.6 **Ключевые слова:** разработки АО «Армалит», электрический нагрев трубы, разо-

грев патрубка, замерзание трубы, обледенение, патрубков корабля, муфта для нагрева, электрическая муфта, отверстие в борту судна

М.А. Меньков, С.А. Белов. Развитие технологии электрообогрева трубопроводов при помощи муфты-нагревателя//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 89

Посвящена разработанной в АО «Армалит» системе электрообогрева трубопровода (СЭТ) основанной на устройстве обогрева патрубка (УОП). Это активное устройство по борьбе с замерзанием патрубка и обледенением борта корабля или судна. Устройство реализовано в малых габаритах, в виде энергоэффективной муфты-нагревателя с автоматической системой поддержания заданной температуры. Ил. 5.

УДК 681.5 **Ключевые слова:** комплексная система управления техническими средствами, локальная система управления, сетевые технологии, пульт управления, программное обеспечение, межсистемная унификация

К.Ю. Шилов, С.Н. Сурин, Б.В. Грек. Опыт разработки перспективной комплексной системы управления техническими средствами//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 93

На опыте разработок АО «Концерн «НПО «Аврора» представлены основные принципы построения, организации информационного обмена, схемотехнические решения и режимы работы перспективных комплексных систем управления техническими средствами (КСУ ТС), предназначенных для автоматизированного управления различными корабельными системами совместно с локальными системами управления в нормальных и аварийных режимах эксплуатации заказа, в том числе при борьбе за живучесть. Принципиальным отличием перспективной КСУ ТС является применение сетевых технологий и межсистемной унификации аппаратно-программных средств, что позволяет создать комплексную систему, обладающую новыми характеристиками и качественными показателями. Практика эксплуатации позволяет утверждать о создании систем управления техническими средствами нового поколения. Ил. 3. Библиогр.3 назв.

УДК.004.51 **Ключевые слова:** модель, граф, объект управления, алгоритм, оператор, ошибка, мнемосхема, информация, автомат, мнемознак

В.В. Кобзев, А.П. Чернёв. Разработка обобщенной модели объекта управления и действий оператора на основе графа переходов // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 96

Предложен подход к разработке обобщенной модели объекта управления и действий специалиста, позволяющий учитывать ошибки оператора и отказы технических средств. Основой обобщенной модели является граф переходов. Состояния модели объекта управления и управляющего автомата, предоставленного в двоичном коде, что упрощает процесс программирования. Показано последовательное преобразование исходных состояний в граф переходов. Работоспособность подхода иллюстрируется на примере алгоритма пуска насоса при работе оператора с сенсорным экраном. Ил.8. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.314 **Ключевые слова:** корабельные системы, живучесть, управление

Ю.И. Стекольников. Управление свойством живучести корабельных систем // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 99

Посвящена актуальной проблеме обеспечения и управления свойством живучести корабельных систем (КС). Показана необходимость разработки множества подходов к решению задач синтеза живучих систем, что определяется потребностями практики. Рассмотрены возможные варианты комбинаций свойств элементов КС и числовой пример вычисления их значимости. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 004.942 **Ключевые слова:** математическое моделирование, системы и комплексы управления, полунатурное моделирование, теория чувствительности

Д.А. Кондратьев, А.Г. Юрескул. Технология отработки систем навигации и управления с использованием программно-аппаратных средств комплексов полунатурного моделирования // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 103

Рассмотрено применение методов теории чувствительности при синтезе, наземной отработке и анализе результатов полунатурного моделирования аппаратуры систем управления летательными аппаратами. Ил.4. Библиогр. 6 назв.

УДК 004.67:658.5.011 **Ключевые слова:** цифровизация, цифровая фабрика, цифровое месторождение, виртуальное месторождение

Д.В. Казулин, О.Я. Тимофеев, А.С. Иванов. Цифровое месторождение для управления подводной добычей углеводородного сырья на российском континентальном шельфе//Морской вестник. 2018. №3(67). С. 109

Концепция автоматизированного создания программного обеспечения цифрового месторождения с помощью технологий цифровой фабрики: паспортизации, создания АСУ, математических моделей, защищенной передачи данных. Три класса моделей: модель реального времени, модель построения прогнозов и проектная модель месторождения вместе с БД ЦМ и ПО описания свойств поведения пластового флюида, образуют программное обеспечение, которое позволит перейти к некалмановской системе управления СПД и производить согласованное управление всеми элементами СПД как мульти-агентной системой. Ил. 6. Библиогр. 1 назв.

УДК 629.5.05 **Ключевые слова:** мостиковые системы, системы управления, автоматическое управление, искусственный интеллект, автоматизация, человеческий фактор, роботизированное судно

Е.М. Балушкин, С.С. Коротков. Автоматизация современного судна: перспективы // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 115

Рассмотрены современные ключевые наработки в области интеллектуальных систем управления судном, перспективы их развития и возможности применения, а также мировой опыт постройки роботизированных судов, и возникающие при этом правовые и технические вопросы. Библиогр. 9 назв.

УДК 351 **Ключевые слова:** морская деятельность, целевые показатели, национальная безопасность, судостроение, кораблестроение, рыболовство, Северный морской путь, морской транспорт, атомный флот, ресурсы Мирового океана, морские научные исследования, военно-морская деятельность, безопасность морской деятельности, информационное обеспечение, приморские территории, прибрежные акватории

А.И. Исмаилов, А.Н. Попов, В.В. Пучин. Проблемы и стратегические приоритеты развития морской деятельности Российской Федерации на период до 2030 года // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 116

Представлены результаты анализа выполнения ключевых целевых показателей за 2010–2016 гг., запланированных в Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г., в области судостроения и рыболовства. Отмечено, что в настоящее время государство в лице профильных федеральных министерств и ведомств в недостаточной степени занимается управлением и регулированием морской деятельностью, предложены пути устранения выявленных проблем, включая создание отдельного министерства (Морского министерства), на которое целесообразно возложить управление всеми видами морской деятельности. Выделены основные стратегические приоритеты развития морской деятельности РФ до 2030 г.

УДК 378.96 **Ключевые слова:** вуз, обучение, специалист, оценка качества, экономика знаний

А.В. Абрамов, А.Н. Москалев. Об оценке качества подготовки специалистов в вузах // Морской вестник. 2018. №3(67). С. 121

Работа посвящена установлению факторов качественной оценки обучения студента в вузе и деятельности самого вуза, т.е., в конечном счете, качеству подготовки специалиста. Оценка качества обучения, подготовки специалиста должна быть объективной, и исходить при этом следует, прежде всего, из принципиальных характеристик. Поэтому для обоснованного выбора кардинальных факторов, влияющих на уровень подготовки специалиста и оценку ее качества, для анализа эффективности их действия, определения приоритетных направлений развития процесса обучения как один из вариантов может быть использована модель с единым комплексным критерием. Библиогр.3 назв.



1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor «MathType.» Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

ABSTRACTS

UDC 621.03:656:629.57 **Keywords:** experiment tank, experiment study of wettability, crane vessel, hold vessel without hatch covers, regular waves.

G.V. Egorov, V.I. Tonyuk, A.V. Demidyuk. Experimental study of the floodability of a crane vessel with a hold without a hatchway closure // Morskoy vestnik. 2018. №3 (67). P.8

On the basis of technique of carrying out tests according to wettability of container "open top" vessels technique of estimation of wettability of the vessel with open hold for bulky cargoes is developed. The experimental estimation of wettability of the hold crane ship without hatch covers is executed. Correctness of accepted design decisions is validated. T.4. Fig.9. Bibliography 8 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** SF Almaz, ZK boat, MO-4 small hunter, KM boat, project 183 torpedo boat, Ovod small missile ship, Jeyran hovercraft, Zubr hovercraft, Molniya missile boat.

I.M. Mukhutdinov, S.N. Galichenko, I.Ya. Baskakov. Shipbuilding firm Almaz is 85 years old // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.13

Detailed information is given about the emergence, formation and development of SF Almaz, which turns 85 years old. Particular attention is paid to the company's products and specialists who invest their work in their creation. Fig. 23.

UDC 629.12 **Keywords:** Vyborg Shipyard, interaction, the Maritime Register, the rules of the Register, fishing vessels

A.S. Soloviev. Actual experience of PJSC «Vyborg Shipyard» on interaction with designers and RMRS in the design and construction of modern fishing vessels // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.25

The practical experience of PJSC "Vyborg Shipyard" for interaction with Russian and foreign designers, as well as the Russian Maritime Register of Shipbuilding (RS), has been analyzed in the construction of a series of fishing trawler-processors. In detail, some practical issues that have arisen in the design process are discussed, including an analysis of ensuring compliance of foreign projects with RS rules and major problems encountered by foreign designers. An adjustment of the RS rules with respect to fishing vessels is suggested. Fig. 2

UDC 338.5.65.011.56 **Keywords:** industrial complex, industrial enterprise, economic stimulation, liquidity, budget funds, deficit, price

I.L. Vaisman, A.E. Karlik, E.A. Tkachenko. On the economic stimulation of the development and diversification of industrial enterprises of the defense industry // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.29

The availability and level of involvement of depreciation and profit from sales of products into the financial turnover of companies are considered. It is shown that the enterprises of the defense industry, which implement their development projects for attracted capital, should receive the right to apply the method of a comparable price for products on state order and to the corresponding estimated maximum profit. The achieved savings in the fulfillment of the deadline, qualitative and quantitative characteristics of the GOZ by the lead contractor should remain

at the disposal of the enterprise (after profit taxation) in the form of net profit, two thirds of which, in accordance with the terms of the contract, should be directed towards the implementation of modernization and/or capacity diversification projects, growth of labor productivity, development of production of new high-tech products of civil or dual purpose. Fig.1.

UDC 658.531:005.521 **Keywords:** shipbuilding, industry, sectoral management, strategic management, strategy, potential, productivity, methodology

A.V. Ivankovich. Financial instruments in the methodology of branch management // Morskoy vestnik. 2018. №3 (67). P.33

On the rational variant of creating an industry management system for the industry-differentiating needs-opportunities. It is shown that the management potential of such a corporation will be determined, on the one hand, by its mobilization and redistribution powers, on the other hand, access to strategic databases providing non-market pricing, calculation of resource consumption, etc. The corporation as a legal entity should minimize the amount of tangible assets that its apparatus can dispose of (cash, fixed assets, etc.). Fig.1. Bibliography 3 titles.

UDC 621.039:621.165 **Keywords:** ship testing, reliability problems, equipment failure, repair, non-combatability

L.M. Klyachko, V.V. Dudarenko. Complex technology – high risks. From the experience of foreign shipbuilding // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.35

Overview of experience in shipbuilding in the United States, Britain, France, Germany. Particular attention is paid to problems arising during the design and construction of modern ships. The reasons for this are indicated. Fig.4. Bibliography 29 titles.

UDC 629.081.328 **Keywords:** ship, launching, floating dock, safety, transfer floating dock, shore support

A.G. Smirnov. The use of floating docks for launching vessels into the water and lifting from water to shore // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.43

Various types of floating docks, used for launching vessels on water since the middle of the nineteenth century, and the domestic practice of placing ships in floating docks are considered. Particular attention is paid to the options for placing floating docks on pillars, stalled places. Fig.14. Bibliography 11 titles.

UDC 539.3 **Keywords:** deep-sea porthole, crimping washer, parameters

N.M. Vikhrov, V.P. Lyanzberg. Determination of the parameters of the high-pressure port of a high-pressure port // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.48

The bearing capacity of high-pressure windows with a translucent disk-shaped element with the use of a crimping washer was investigated. The calculation of the three-dimensional asymmetric problem of the linear theory of elasticity for the purpose of determining the possible increase in pressure and reliability of the product is given. Fig.1. Bibliography 5 titles.

UDC 621.791.75.037–59 **Keywords:** welding, welding

materials, flux-cored wire, mechanized welding, a mixture of protective gases

M.A. Budnichenko, Yu.V. Avvakumov. Introduction of modern welding materials in shipbuilding. Development of high-performance technology for mechanized welding of high-strength steel structures using PP-A22/9 flux-cored wire (Sv-03Kh22N9AM3) in a mixture of protective gases // Morskoy vestnik. 2018. №3 (67). P.51

The principles of selecting new welding materials for shipbuilding using the example of austenitic-ferritic-type flux cored wire for high-performance mechanized welding of structures of critical use made of high-strength steel in a mixture of protective gases are considered. A brief description of the investigation of the structure of weld metal of various types and the properties of welded joints according to the proposed technology is given. The results of the implementation are shown. T.1. Fig.11. Bibliography 4 titles.

UDC 620.1 **Keywords:** three-dimensional hinged mechanisms with rotational hinges, three-dimensional hinged four-link Bennett, launching device, ship door, circuit-constructive model, technical proposal, design, construction

M.A. Aleksandrov, N.A. Gribenyuk. Model of the device for closing the ship's lid (door) with the drive on the basis of the spatial hinged mechanism // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.59

A technical proposal is described in the form of a device locking the ship's door on the basis of a space hinge mechanism. This proposal is caused by the fact that the elements necessary for operation of the launching and lifting device are located close to the door and interfere with its free opening. A kinematic drive model is drawn up and the trajectory of the movement of its executive link is calculated. To confirm the theoretical calculations of the 3D modeling software environment SolidWorks, an animation of the mechanism was created, which gave a visual representation of the principle of its operation, and also confirmed the mechanism's operability and compliance with the theoretical data of the computer experiment. It is noted that Bennett's spatial articulated four-link mechanism, in spite of the simplicity of its construction, is able to reproduce complex trajectories of motion in space due to special geometric parameters. As a result of the work, it was possible to obtain an adaptation of the scheme of the Bennett mechanism in order to reproduce the path of motion necessary to move the ship's door to the required position. Fig. 6. Bibliography 15 titles.

UDC 621.372.6 **Keywords:** DB Vympel, power quality, coefficient of nonlinear distortion, mathematical model, MatLab Simulink, simulation model of the United Power System with GEM, graphical user interface

D.V. Umyarov, A.L. Maksimov. Experience in the development of a technique for investigating the effect of semiconductor frequency converters on the quality of electric power in ship power supply systems // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.63

The problem of the quality of electric power on vessels equipped with the EET with a GEM is indicated. Mathematical models of elements of the EESP with GEM are given. A simulation model of the EEP with a GEM in the MatLab Simulink environment and a graphical user interface are presented. An example is given of calculating the coefficient of nonlinear



distortions of the mains voltage, and a comparison of the calculation results with the results obtained during the test at the test bench is made. Fig. 8. Bibliography 5 titles.

UDC 629.5.08 **Keywords:** gear, gearing, dimensions

A.A. Gorbachev, P.S. Andreev. Application of eccentric-cycloidal engagement in the drives of ship mechanisms // Morskoy Vestnik. 2018. №3 (67). P.69

A variant of the technical implementation of eccentric-cycloidal engagement (EC) is proposed. The kinematic analysis and strength calculation of gears with EC engagement and comparison with involute gearing are carried out. This type of gearing can be used in gearboxes as part of a wide range of products requiring small dimensions, high power capacity, and high efficiency. Fig. 5. Bibliography 4 titles.

UDC 78.21.53.16 **Keywords:** residual resource, damage, model of accumulation of static damages, model of accumulation of cyclic damages, criterion of limiting state, simulation simulation, simulation parameter

A.A. Babichev. Simulation modeling in the two-factor model of damage accumulation for the predictive estimation of the resource consumption of gas turbine engines in the structure of the main power installations of surface ships // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.72

Methods for obtaining information for calculating the residual life of gas turbine engines in the structure of the main power installations of surface ships using a two-factor linear model of damage accumulation and simulation modeling are given. Fig. 11. Bibliography 5 titles.

UDC 629.05017:002 **Keywords:** finite element method, vibration, oscillations, impact, strength, durability

V.Yu. Makarov, M.Yu. Khokhlov. The use of the finite element method for evaluating the strength characteristics of equipment under dynamic loads // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.79

The problems arising during the dynamic loading of equipment are considered, the response of the structure to vibration and shock is determined, and analytical dependencies are given on which the strength of the article can be justified with dynamic impact. Also presented is a charge air cooler 20HB.000-06-02OM4, developed by JSC Vineta. Fig. 5. Bibliography 3 titles.

UDC 621.436:621.438 **Keywords:** gas turbine engines, power engineering enterprises, parameters of the working fluid, Navy ships

A.S. Lobanov, V.V. Baranovsky. Substantiation of the perspective ship gas turbine engine of the fifth generation // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.81

Materials on the current state of production of domestic ship gas turbine engines and information on the development of new generation engines by foreign power engineers are presented. The directions of development of domestic perspective ship gas turbine engines of the fifth generation are argued. Fig. 3. Bibliography 2 titles.

UDC 629.5.035.58 **Keywords:** coaxial propeller of opposite rotation, birotate electric motor

A.R. Togunyats, L.I. Vishnevsky. Hydrodynamic aspects of the operation of coaxial propellers of the opposite rotation with electric power transmission // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.83

A brief review of the application of coaxial propellers of the opposite rotation (CPOR) with electric power transmission on civilian vessels is given. The theoretical justification of the hydrodynamic efficiency of the CPOR operation with a birotate electric motor is given. Scientific and technical questions in the field of hydrodynamics are formulated, the solution of which is necessary for the successful application of CPOR with the transfer of power from the birotective engine. Features of model hydrodynamic researches of CPOR with transfer of power from the birotective electric motor and construction of diagrams of series of CPOR are noted while maintaining the equality of moments on propellers in the entire range of loads. Fig.2. Bibliography 19 titles.

UDC 656.6 **Keywords:** development of Armalit JSC, electric heating of the pipe, heating of the branch pipe, pipe freezing, icing, ship's branch, heating sleeve, electric coupling, hole in the vessel

M.A. Men'kov, S.A. Belov. Development of technology of electric heating of pipelines with the help of a coupling-heater // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.89

It is dedicated to the system of electrical heating of the pipeline (SEHP) developed in JSC Armalit based on the heating device for the branch pipe (HDBP). This is an active device to combat the freezing of the branch pipe and the icing of the ship's or ship's icing. The device is implemented in small dimensions, in the form of an energy-efficient coupling-heater with an automatic system for maintaining the set temperature. Fig. 5.

UDC 681.5 **Keywords:** complex control system of technical means, local control system, network technologies, control panel, software, intersystem unification

K.Yu. Shilov, S.N. Surin, B.V. Grek. Experience in developing a promising integrated control system for technical means // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.93

The experience of development of JSC Concern SPA Aurora presents the basic principles of building, organizing information exchange, circuit-making solutions and modes of operation of advanced complex control systems for technical facilities (CCS TF), designed for automated control of various ship systems in conjunction with local control systems in normal and emergency operation modes of the order, including in the fight for survivability. The operational practice has confirmed the above characteristics and qualitative indicators, which allows us to assert about the creation of control systems for technical means of a new generation. Fig. 3. Bibliography 3 titles.

UDC 004.51 **Keywords:** model, graph, control object, algorithm, operator, error, mnemonic, information, machine, mnemonic

V.V. Kobzev, A.P. Chernyev. Development of a generalized model of the control object and the actions of the operator on the basis of the graph of transitions // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.96

An approach is proposed to the development of a generalized model of the control object and the specialist's actions, which allows to take into account operator's mistakes and technical equipment failures. The basis of the generalized model is the transition graph of the state of the control object model and the control automaton provided in the binary code, which simplifies the programming process. A sequential transformation of the initial states into a transition graph is shown. The efficiency of the approach is illustrated by the example of the pump start-up algorithm for the operator with a touch screen. Fig.8. Bibliography 3 titles.

UDC 621.314 **Keywords:** ship systems, survivability, control

Yu.I. Stekolnikov. Management of the survivability of ship systems // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.99

It is devoted to the actual problem of providing and managing the survivability of ship systems (CS). The need to develop a multitude of approaches to solving the problems of synthesis of surviving systems is shown, which is determined by the needs of practice. Possible variants of combinations of properties of CS elements and a numerical example of calculating their significance are considered. Fig. 3. Bibliography 4 titles.

UDC 004.942 **Keywords:** mathematical modeling, systems and control complexes, semi-natural modeling, sensitivity theory

D.A. Kondrat'ev, A.G. Yurescul. Technology of development of navigation and control systems with the use of software and hardware of complexes of semi-real simulation // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.103

The application of methods of the theory of sensitivity in the synthesis, ground processing and analysis of the results of semi-real simulation of aircraft control systems is considered. Fig.4. Bibliography 6 titles.

UDC 004.67:658.5.011 **Keywords:** digitalization, digital factory, digital deposit, virtual deposit

D.V. Kazunin, O.Ya. Timofeev, A.S. Ivanov. A digital deposit for the management of subsea hydrocarbon production on the Russian continental shelf // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.109

The concept of the automated creation of digital deposit software using digital factory technologies: certification, creation of automated management systems, mathematical models, and secure data transmission. Three classes of models: the real-time model, the forecasting model, and the project model of the field together with the DB of the CM and the software describe the behavior properties of the formation fluid, form the software that will allow the transition to a non-Kalman SPD control system and produce coordinated control of all the SPD elements as multi-agent system. Fig. 6. Bibliography 1 titles.

UDC 629.5.05 **Keywords:** bridge systems, control systems, automatic control, artificial intelligence, automation, human factor, robotized vessel

E.M. Balushkin, S.S. Korotkov. Automation of a modern vessel: prospects // Morskoy vestnik. 2018. № 3 67). P.115

The modern key developments in the field of intelligent ship control systems, the prospects for their development and application possibilities, as well as the world experience in the construction of robotic vessels, and the resulting legal and technical issues are considered. Bibliography 9 titles.

UDC 351 **Keywords:** marine activities, targets, national security, shipbuilding, shipbuilding, fishing, the Northern Sea Route, marine transport, nuclear fleet, ocean resources, marine scientific research, naval activity, maritime safety, information support, coastal areas

A.I. Ismailov, A.N. Popov, V.V. Puchnin. Problems and strategic priorities for the development of maritime activities of the Russian Federation for the period up to 2030//Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.116

The results of the analysis of the implementation of key targets for 2010–2016, planned in the Strategy for the Development of Maritime Activity of the Russian Federation until 2030, in the field of shipbuilding and fisheries are presented. It is noted that at present the state in the person of the profile federal ministries and departments is not sufficiently involved in the management and regulation of maritime activities, as well as effective support of its most significant branches. The ways of eliminating the identified problems in the management of maritime activities of the Russian Federation, including the creation of profile ministries, as well as a separate ministry (the Naval Ministry), on which it is advisable to entrust the management of all types of maritime activities are proposed. The main strategic priorities for the development of maritime activities of the Russian Federation until 2030 are outlined.

UDC 378.96 **Keywords:** high school, training, specialist, quality assessment, knowledge economy

A.V. Abramov, A.N. Moskalev. About an estimation of quality of preparation of experts in high schools // Morskoy vestnik. 2018. №3(67). P.121

The work is devoted to the establishment of factors for the qualitative assessment of the student's education in the university and the activity of the university itself, that is, in the final analysis, the quality of the specialist's training. Assessment of the quality of training, training of a specialist should be objective, and proceed with this, first of all, from the basic characteristics. Therefore, a model with a single complex criterion can be used as an option for an informed choice of cardinal factors affecting the level of specialist training and assessment of its quality, for analyzing the effectiveness of their actions, and determining priority directions for the development of the learning process. Bibliography 3 titles.

