

Морской



№1(61)

М А Р Т

2017

ISSN 1812-3694

Вестник

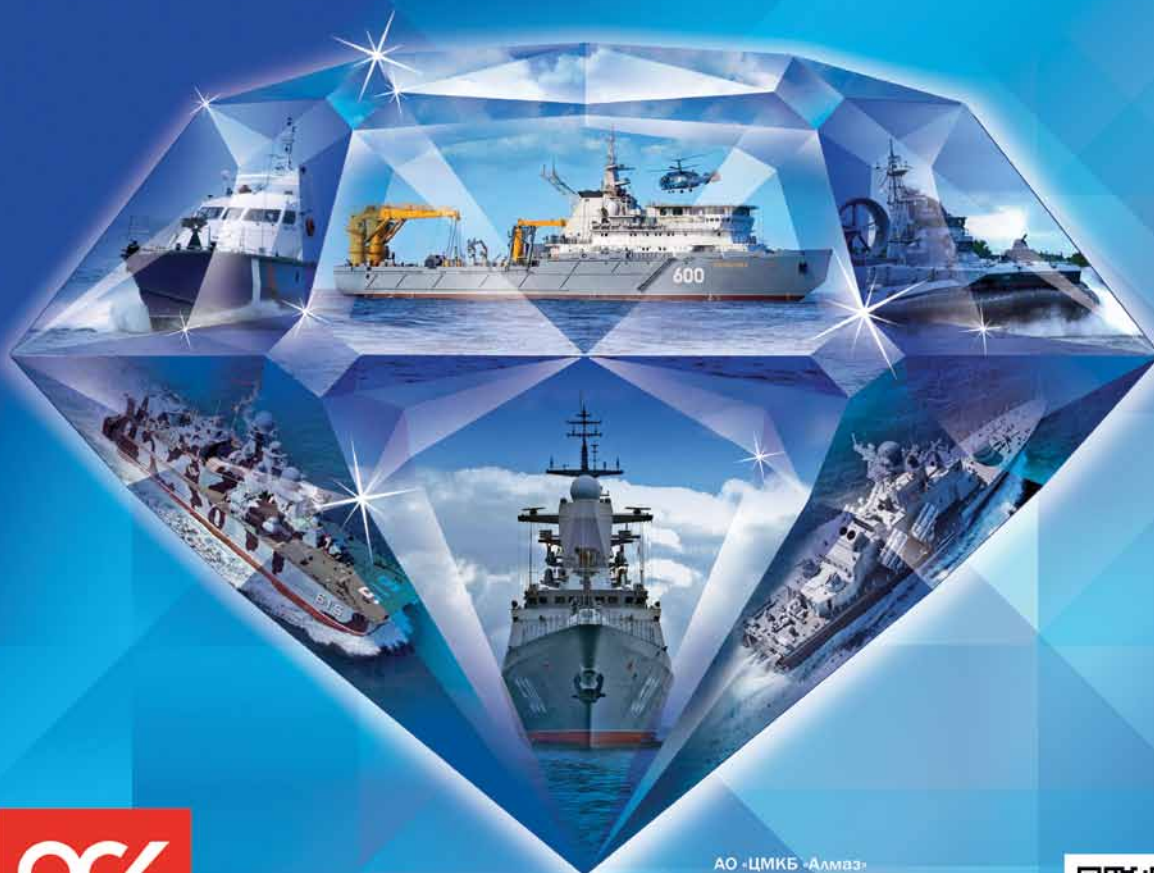
Morskoy Vestnik



АЛМАЗ

ЦЕНТРАЛЬНОЕ МОРСКОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО

МНОГОГРАННОСТЬ МЫСЛИ, СОВЕРШЕНСТВО ТЕХНОЛОГИЙ



ОСК

ОБЪЕДИНЕННАЯ
СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ
КОРПОРАЦИЯ

АО «ЦМКБ «Алмаз»
196128, Россия
С-Петербург, ул. Варшавская, д. 50
тел. +7(812) 369-55-02
факс. +7(812) 373-48-37
e-mail:office@almaz-kb.sp.ru



www.almaz-kb.ru

К 80-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА В.Е. ЮХНИНА

Известный кораблестроитель, видный руководитель судостроения, Владимир Евгеньевич Юхнин родился 20 февраля 1937 г. в Ленинграде. После окончания в 1960 г. Ленинградского кораблестроительного института он начал работу в ЦКБ-53 (ныне АО «Северное проектно-конструкторское бюро»). В 1964 г. окончил Ленинградский военно-механический институт.

Пройдя все этапы конструкторской карьеры, с 1979 г. по 2004 г. Владимир Евгеньевич стал начальником и главным конструктором СПКБ, а с 2004 по 2014 г. – генеральным конструктором СПКБ.

По проектам, разработанным под руководством и при его участии построено более 100 крупных боевых кораблей и 15 гражданских судов.

В. Е. Юхнин принимал участие в проектировании, строительстве и испытаниях кораблей проектов 56К, 58 и 61. Участвовал в создании большого противолодочного корабля пр. 1135 от эскизного проекта до сдачи головного корабля и запуска его в серийное производство, принимал непосредственное участие в разработке проектов боевых кораблей 3-го поколения – атомных ракетных крейсеров пр. 1144; ракетных крейсеров пр. 1164; больших противолодочных кораблей пр. 1155; эсминцев пр. 956; пограничных сторожевых кораблей пр. 11351; экспортных фрегатов пр. 61МЭ и ряда других. Как председателю Координационного совета ему приходилось взаимодействовать с предприятиями, участвующими в их строительстве, что благоприятно сказывалось на конечном результате. Пришлось ему возглавить также разработку и реализацию проекта восстановления крейсера «Аврора».

В 1990–2000 гг. под руководством В. Е. Юхнина и при его личном участии были созданы и сданы ВМФ тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» и большой противолодочный корабль «Адмирал Чабаненко», которые фактически стали головными, вобрав в себя все лучшее, что было создано судостроительной промышленностью. Их высокие корабельные качества и боевая мощь позволяют считать их кораблями XXI в.

Под руководством В. Е. Юхнина в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. разработаны концептуальные проекты научно-исследовательских судов в интересах Министерства промышленности и торговли и Министерства природных ресурсов и экологии России. Под общим научным руководством Владимира Евгеньевича на основе предложенной им методологии системного проектирования опре-



делены архитектурные облики новых высоко технологичных и наукоемких судов для экологического мониторинга окружающей среды и разведки месторождений углеводородов на российском арктическом шельфе.

Под руководством Владимира Евгеньевича и при его участии в бюро выполнены исследования в области проектирования судов ледового плавания. С учетом перспектив долгосрочного экономического развития России и наличия трети мировых запасов углеводородов в российском секторе Арктики. В интересах Береговой охраны Федеральной пограничной службы ФСБ Российской Федерации В. Е. Юхнин в 2008–2009 гг. предложил инициативную концептуальную разработку уникального пограничного сторожевого корабля ледового класса Arc4 водоизмещением около 4000 т.

Под руководством В. Е. Юхнина разрабатывалась документация эскизного и технического проекта современного

фрегата пр. 22350, осуществлялась координация проектных работ по строительству головного корабля «Адмирал Флота Советского Союза Горшков», его спуску в 2010 г. и достройке.

Владимир Евгеньевич – автор более 60 научных трудов, среди которых – 12 монографий, имеет 16 авторских свидетельств на изобретения.

Доктор технических наук, профессор, действительный член Российской инженерной академии, Санкт-Петербургской инженерной академии, Академии истории науки и техники В. Е. Юхнин является членом Морского Собрания Санкт-Петербурга, членом Ученого совета «Крыловского государственного научного центра», членом редколлегии журналов «Морской вестник», «Судостроение», «Морской сборник» и др. Он – почетный гражданин Кировского района Санкт-Петербурга. В 2003 г. В. Е. Юхнин награжден Комитетом Российской Федерации по военно-техническому сотрудничеству с иностранными государствами национальной премией 1-й степени «Золотая идея» за вклад в области разработки экспортно-ориентированной продукции.

В. Е. Юхнин награжден многими орденами и медалями, в том числе орденами «За заслуги перед Отечеством» 4-й степени (2006) и 3-й степени (2011); орденом «Октябрьской революции» (1988); орденом «Трудового Красного Знамени» (1985); орденом «Знак Почета» (1977); орденом Почёта (2003); медалью «За доблестный труд», «В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» (1970); медалью «300 лет Российскому флоту» (1996); медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга» (2003); Почетной грамотой Правительства РФ (2002). Ему присуждено звание Почетного судостроителя РФ (2003). ■



Редакция журнала «Морской вестник» поздравляет Владимира Евгеньевича с 80-летием и желает ему крепкого здоровья, долголетия и дальнейших творческих успехов!



Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, и.о. ректора СПбГМТУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.О. Барышников, ректор

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

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»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

А.Э. Исаакян, генеральный директор

ООО «Группа «Кронштадт»

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, председатель совета директоров

АО «Компрессор»

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

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

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»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

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

ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

<i>К 80-летию профессора В.Е. Юхлина</i>	1
А.А. Шилкин. Особенности формирования комплексов необитаемых аппаратов с динамическими принципами поддержания гражданского назначения	8
А.Р. Тогуляц, Л.И. Вишневский, С.В. Капранцев. Модельные исследования гидродинамических характеристик двухрежимного контрпропеллера на швартовах как средства активного управления	11
Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий. Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома для линии Ванино – Холмск. Часть 1	15

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.С. Соловьев, Г.В. Тарица. Школы создания морской техники – наиболее востребованные решения для повышения конкурентоспособности российского судостроения	23
А.Е. Богданов. Развитие понятийного аппарата применения организационно-управленческих технологий при создании, техническом обслуживании морской техники	28
В.И. Дорофеев, В.Н. Кляхин, А.Б. Фомичев. Физико-математическая модель функционирования судокорпусного цеха как структурного подразделения судостроительного предприятия	32
Л.М. Грин. Применение многофункционального 5-осевого портального обрабатывающего центра CMS при производстве корпусов судов из композитных материалов	37
Г.Н. Муру. Решение задач импортозамещения при ремонте кораблей и судов иностранной постройки	41
А.В. Абрамов., А.Н. Ваучский, М.А. Загородников, Д.С. Хмара. Практика определения затрат и установления цен на гражданскую морскую технику	43
А.В. Иванкович. Финансовая политика и оценка бизнеса в судостроении	49
<i>К 65-летию А.Н. Алёшкина</i>	51

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

С.К. Шин. Технологические особенности очистки турбинных масел полимерными фильтроэлементами	53
Ю.В. Копытов, В.Ю. Каминский, Д.А. Скороходов. Определение ресурса гидромашин в зависимости от условий эксплуатации и расчет эквивалентного времени работы	55
С.С. Стародед, А.А. Неёлов. Импортозамещение и диверсификация в электрооборудовании для морских объектов: опыт АО «Новая ЭРА»	57
В.К. Румб. Имитационное моделирование нагрузок на валопроводы ледоколов и судов ледового плавания	60
Н.В. Волкова, В.И. Голованов, Ю.А. Гладили, Е.П. Железнов. Применение тросовых виброизоляторов для защиты судового оборудования	65
Б.Ф. Дмитриев, С.Я. Галушин, А.М. Лихоманов, А.Ю. Розов. Трехфазная синусоидальная модифицированная широтно-импульсная модуляция первого рода в автономных инверторах	69



ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

<i>Ш.Г. Алиев, М.М. Зайнулабидов. Обобщенное уравнение колебания струны и его нелинейный аналог</i>	74
<i>Г.И. Безбородов, М.И. Исмагилов. От стратегии e-Навигации к концепции и-Акватории</i>	77
<i>К.В. Лапшин, В.А. Никольцев, Ю.А. Ямицков. Принципы логического управления сложными динамическими объектами.....</i>	83
<i>А.Н. Зайцев, М.С. Сабуров. Синхронизация параметров таблиц базы данных, организованной на принципе единого информационного пространства, и параметров в СИ-структуре СЛОС, используемых в комплексе информационных и расчетных задач боевого управления ИСУ корабля</i>	87
<i>А.В. Самойлов, Е.В. Королёв. Совершенствование сетевых решений в интегрированных автоматизированных системах управления корабля</i>	91
<i>Н.М. Вихров, А.П. Нырков, А.А. Шнуренко, С.С. Соколов, А.А. Некрасова, Ю.К. Полугина. Современные методы оптимизации передачи данных в информационно-вычислительных сетях на транспорте</i>	95
<i>Б.Н. Городецкий. Моделирование в натуральных условиях электромагнитной помеховой обстановки в корабельных помещениях</i>	99

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

<i>В.А. Катенин, В.А. Титлянов, П.А. Гапонюк. О состоянии и проблемных вопросах существующей организации проведения модернизации морских средств навигации на надводных кораблях ВМФ</i>	103
<i>А.В. Гадеев, А.Б. Максимов, М.В. Гуляев, И.П. Шевченко, И.С. Ерохина. Техническая диагностика прочности корпуса судна – путь к повышению безопасности мореплавания</i>	106
<i>А.И. Кулинич, А.Н. Маринич, А.В. Припотнюк, Ю.М. Устинов. Обзор четырех категорий спутниковых систем связи с разными видами орбитальных группировок спутников</i>	109
<i>И.О. Маслов. Построение траекторий подхода судов снабжения к морским сооружениям</i>	113

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

<i>А.В. Шляхтенко. К полувековому юбилею создания МРК проекта «Овод»</i>	117
<i>В.Е. Юхнин. Выдающийся конструктор-кораблестроитель, ученый и патриот В.А. Никитин</i>	119

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

<i>44-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания</i>	125
--	-----

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

<i>Итоги собраний Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции судостроения Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга.....</i>	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 экон. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Иванов, д-р техн. наук, проф.

Д.В. Казунин, д-р техн. наук

Р.Н. Кареев, канд. техн. наук

Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачёв, д-р техн. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Пряжин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

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 «Премимум-пресс»

Тираж 1000 экз. Заказ № 310

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

G.A. Turichin, Acting rector SPbSMTU

Council Members:

M.A. Alexandrov, Director

JSC CRIME

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

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

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

A.E. Isaakyan, General Director

JSC Kronstadt Group

V.V. Khanychev, General Director

JSC CSRI Kurs

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanov, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit

L.G. Kuznetsov, Chairman of the Board of Director

JSC Compressor

G.N. Muru, Executive Director JSC 51 CDTISR

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vypel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director -

General Designer JSC ZMKB Almaz

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

V.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

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

R.A. Urusov, General Director OJSC NE

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

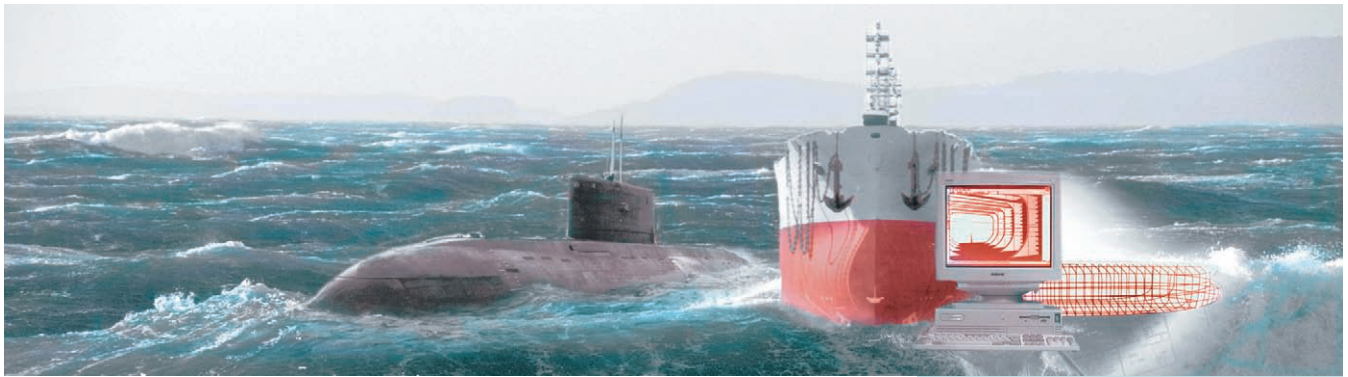
- For 80th anniversary of professor V.E. Yukhnin* 1
- A.A. Shilkin**. Peculiarities of civil dynamically-supported unmanned
ships complexes creation 8
- A.R. Togunyats, L.I. Vishnevsky, S.V. Kaprantsev**. Model investigation
of hydrodynamic parameters for dual-mode counter-propeller on mooring hawser
as means of active control 11
- G.V. Egorov, I.A. Il' nitsky**. Substantiation of rail-car-and-passenger ferry
parameters for Vanino-Kholmok shipping line. Part 1 15

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- A.S. Solov'yev, G.V. Taritsa**. Schools of marine facilities creation are
the most popular solutions for competitive growth in Russian shipbuilding 23
- A.E. Bogdanov**. Conceptual framework development for application
of organizational and management technologies at creation and maintenance
of marine facilities 28
- V.I. Dorofeev, V.N. Klyakhin, A.B. Phomichev**. Physico-mathematical model
of shipbuilding shop performance as business subdivision of shipbuilding enterprise ... 32
- L.M. Grin**. Application of multifunctional 5-axial portal machining centre
of CMS at ship hull production of composite materials 37
- G.N. Muru**. Solving of import substitution problems at repair of ships and vessels
of foreign construction 41
- A.V. Abramov, A.N. Vauchsky, M.A. Zagorodnikov, D.S. Khmara**.
Practice of expense determination and formation of price
for civil marine facilities 43
- A.V. Ivankovich**. Monetary policy and business estimation in shipbuilding 49
- For 65th anniversary of A.N. Alyoshkin* 51

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- S.K. Shin**. Technological characteristics of turbine oil purification
with polymeric filtering element 53
- Yu.V. Kopytov, V.Yu. Kaminsky, D.A. Skorokhodov**. Hydraulic unit
service life depending on operational environment and calculation
of equivalent running time 55
- S.S. Staroded, A.A. Neyolov**. Import substitution and diversification of electrical
equipment for marine facilities: experience of Novaya Era OJSC 57
- V.K. Rumb**. Simulation modelling of loads on shaft line of icebreakers and
ice going vessel 60
- N.V. Volkova, V.I. Golovanov, Yu.A. Gladilin, E.P. Zheleznoy**. Application
of cable vibration isolator for marine equipment protection 65
- B.F. Dmitriev, S.Ya. Galushin, A.M. Likhomanov, A.Yu. Rozov**. Three-phase
sinusoidal modified pulse-duration modulation of first type in independent inverter .. 69



INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

Sh.G. Aliev, M.M. Zaynulabidov. Generalized equation of string vibration and its nonlinear analog	74
G.I. Bezborodov, M.I. Ismagilov. From e-Navigation strategy to i-Aquatory concept.....	77
K.V. Lapshin, V.A. Nikol'tsev, Yu.A. Yamshchikov. Principles of logic control for complex dynamic objects.....	83
A.N. Zaytsev, M.S. Saburov. Synchronization of data base tables parameters arranged on the principle of common information space and parameters in CLOC C-structure used as a single set of informational and computing task combat control for integrated control system of the vessel.....	87
A.V. Samoylov, E.V. Korolyov. Improvement of network solution in vessel integrated automated control system.....	91
N.M. Vikhrov, A.P. Nyrkov, A.A. Shnurenko, S.S. Sokolov, A.A. Nekrasova, Yu. K. Polugina. Modern methods of data communication optimization in information computer networks of transport.....	95
B.N. Gorodetsky. Modelling of electromagnetic interference environment in full-scale conditions in vessel premises.....	99

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

V.A. Katenin, V.A. Titlyanov, P.A. Gaponyuk. On status and outstanding problems of existing problematic issues of modernization of marine navigation aids on surface vessels of the Navy	103
A.V. Gadeev, A.B. Maximov, M.V. Gulyaev, I.P. Shevchenko, I.S. Erokhina. Engineering diagnostics of ship hull durability is the way to navigation safety improving	106
A.I. Kulnich, A.N. Marinich, A.V. Pripotnyuk, Yu.M. Ustinov. Review of four categories of satellite communications systems with different types of orbital constellation	109
I.O. Maslov. Tracing of supply vessel approach to marine facilities	113

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

A.V. Shlyakhtenko. For the 50 th anniversary of «Ovod» Guided Missile Corvette project creation	117
V.E. Yukhnin. Prominent engineer designer in shipbuilding, scientist and patriot V.A. Nikitin	119

IN THE MARITIME BOARD

44 th Assembly of Saint-Petersburg Naval Meeting.....	125
--	-----

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

Summary of meetings of the Society of Shipbuilders of Saint-Petersburg and Leningrad Region and shipbuilding section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg	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

V.I. 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.

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

P.I. Maleev, D. Sc.

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

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

Yu.F. Podoplekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia

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

L.A. Promyslov, Ph. D.

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

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

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

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

A.A. Rusetzky, 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 № 310

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

Условные обозначения и сокращения:

АГДК – аэрогидродинамическая компоновка
БПВ – беспилотный вертолет
БПЛА – беспилотный летательный аппарат
БПС – беспилотный самолет
ВИШ – винт изменяемого шага
ВО – вертикальное оперение
ВФШ – винт фиксированного шага
ГМУ – гидрометеорологические условия
ГТД – газотурбинный двигатель
ГО – горизонтальное оперение
ГЭУ – главная энергетическая установка
ДГТА – дизель-газотурбинный агрегат
ДД – дизельный двигатель
ДПВ – дистанционно-пилотируемый вертолет
ДПС – дистанционно-пилотируемый самолет
ДП – диаметральной плоскость
ДУНК – дистанционно-управляемый необитаемый катер
КДП – командно-диспетчерский пункт
КПД – коэффициент полезного действия
ЛА – летательный аппарат
ЛТХ – летно-технические характеристики
НАВП – необитаемый аппарат на воздушной подушке
НАЭ – необитаемый аппарат экранопланного типа
ПГО – переднее горизонтальное оперение;
СВП – судно на воздушной подушке
ТВД – турбовинтовой двигатель
ТВЛД – турбовентиляторный двигатель
ТО – техническое обслуживание
ТРДД – турбореактивный двухконтурный двигатель
ЭК – экраноплан
ЭТХ – эксплуатационно-технические характеристики

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НАВП И НАЭ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Создание гражданских комплексов НАВП и НАЭ различных видов, назначений и размерностей вызвало необходимость их первоначальной классификации, основой которой является разделение аппаратов по назначению, массам, размерам, т.е. в зависимости от вида и характера решаемых задач. По назначению НАВП и НАЭ можно разделить на две группы:

- одноразового действия (узкоспециализированные);
- многократного действия (многоцелевые и универсальные).

Одноразовые НАВП и НАЭ могут получить меньшее развитие и найти применение при решении задач, связанных с наличием угроз человеческой жизни и большим риском, например, при обезвреживании боеприпасов и ликвидации последствий техногенных катастроф и стихийных бедствий, в районах с высоким уровнем радиации и без него.

По принципу поддержания НАВП и НАЭ будут разделяться:

- на амфибийные, с полным отрывом от опорных поверхностей;
- на скеговые, с частичным отрывом от поверхности воды.

НАВП и НАЭ, имеющие одинаковые конструктивные элементы и режимы движения, в частности воздушную подушку (ВП), обеспечивающую отрыв от опор-

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ НЕОБИТАЕМЫХ АППАРАТОВ С ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРИНЦИПАМИ ПОДДЕРЖАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*А.А. Шилкин, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 4708, +7 (911) 180 1891*

ных поверхностей, делает необходимым наличие нагнетательных и подъемно-двигательных комплексов. АГДК созданных за последние 15–20 лет отечественных и зарубежных ЭК с самолетными и близкими к ним схемами имеют приемлемую продольную и поперечную устойчивость. Это делает возможным движение с требуемой безопасностью на больших высотах над опорными поверхностями при отсутствии их влияния. Установка на НАВП и НАЭ нагнетательных и подъемно-двигательных комплексов обеспечивает им многорежимность движения, максимально расширяя эксплуатационные возможности, повышая амфибийность и проходимость, позволяющие применять их в сложных географических и климатических условиях, что делает реальной их классификацию по конструктивным схемам, что позволяет выделить два класса НАВП и НАЭ:

- с судовыми внешними архитектурными схемами;
- с самолетными и близкими к ним общими конструктивными схемами.

В эксплуатационном диапазоне высот полета при программном и ручном управлении НАВП и НАЭ должны маневрировать в вертикальной и горизонтальной плоскости с требуемым уровнем летной безопасности. По размерам НАВП и НАЭ можно разделить на пять основных классов:

- сверхкрупные;
- крупноразмерные;
- среднеразмерные;
- малоразмерные;
- сверхмалые (микро).

Предположительно размеры НАВП и НАЭ могут изменяться в следующих диапазонах:

- сверхкрупные: длина $l_{\max} \geq 10,0$ – $12,0$ м, ширина (размах крыла) $b_{\max} \geq 5,0$ – $8,0$ м, высота гибкого ограждения $h_{\text{го}} \geq 2,0$ – $2,5$ м, максимальная высота $h_{\max} \approx 3,0$ – $5,0$ м;
- крупноразмерные: длина $l_{\max} \approx 7,0$ – $10,0$ м, ширина (размах крыла) $b_{\max} \approx 3,0$ – $5,0$ м, высота гибкого ограждения $h_{\text{го}} \approx 1,5$ – $2,5$ м, максимальная высота $h_{\max} \approx 2,0$ – $4,0$ м;
- среднеразмерные: длина $l_{\max} \approx 4,0$ – $7,0$ м, ширина (размах крыла)

$b_{\max} \approx 2,5$ – $3,5$ м, высота гибкого ограждения $h_{\text{го}} \approx 0,8$ – $1,5$ м, максимальная высота $h_{\max} \approx 1,5$ – $3,5$ м;

– малоразмерные: длина $l_{\max} \approx 2,0$ – $4,0$ м, ширина (размах крыла) $b_{\max} \approx 0,8$ – $3,0$ м, высота гибкого ограждения $h_{\text{го}} \approx 0,5$ – $1,2$ м, максимальная высота $h_{\max} \approx 1,0$ – $2,5$ м;

– сверхмалые: длина $l_{\max} \leq 1,0$ – $1,5$ м, ширина (размах крыла) $b_{\max} \leq 0,5$ – $1,0$ м, высота гибкого ограждения $h_{\text{го}} \leq 0,3$ – $0,5$ м, максимальная высота $h_{\max} \approx 0,8$ – $2,0$ м;

Габаритные размеры НАЭ и НАВП носят оценочный характер и могут существенно изменяться, как и взлетные (подъемные) массы, в зависимости от которых аппараты можно разделить на следующие классы:

- сверхлегкие (микро);
- легкие (малоразмерные);
- средние (среднеразмерные);
- тяжелые (крупноразмерные);
- сверхтяжелые (сверхкрупные).

Предположительно, максимальные массы НАВП и НАЭ будут изменяться в следующих диапазонах:

- сверхлегкие (микро), максимальная масса $m_{0\max} \leq 5,0$ – $10,0$ кг;
- легкие (малоразмерные) $m_{0\max} \leq 10,0$ – $200,0$ кг;
- средние (среднеразмерные) $m_{0\max} \approx 200$ – 2500 кг;
- тяжелые (крупноразмерные) $m_{0\max} \approx 2500$ – 5000 кг;
- сверхтяжелые (сверхкрупные) $m_{0\max} \geq 5000$ кг.

ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАВП И НАЭ

Создание НАЭ и НАВП по конструктивным самолетным и внешним судовым архитектурным схемам делает необходимой оценку их конструктивных особенностей. Главным является исследование возможности и целесообразности использования при размещении аэродинамических поверхностей, подъемно-двигательных комплексов, силовых установок, гибких ограждений НАЭ (НАВП), а также традиционных способов формирования названных выше схем и «отработанных» компоновочных решений,

применяемых при создании обитаемых СВП, ЭК, ЛА.

НАВП и НАЭ, как и обитаемые СВП и ЭК, для работы ВП будут иметь осевые и центробежные нагнетатели и системы «поддува» воздуха под крыло. Оборудование и системы будут размещаться в необитаемых помещениях, наиболее крупными из которых являются надстройки. Наличие надстроек на необитаемых аппаратах возможно, так же как равновероятно их исчезновение. Необходимо интеграция надстроек с мачтовыми устройствами, понтонами, ресиверами в единые судовые конструктивно-архитектурные комплексы, поверхности которых служат основой для установки средств поиска и обнаружения, антенных устройств, сигнальных, аварийных огней и т. д.

В качестве маршевых, подъемных, подъемно-маршевых двигателей на НАВП и НАЭ будут использоваться ТРД, ТРДД, ТВЛД, ГТД, ТВД, ПД с реверсированием тяги, струйным управлением, повышающим маневренность на ВП при «висении» над опорными поверхностями. Применение саблевидных неметаллических лопастей увеличит КПД, улучшит акустические и экономические характеристики соосных и обычных, автоматически флюгируемых, 2–12-лопастных, тянущих, толкающих ВИШ и ВФШ. На рис. 1 представлены боковые виды амфибийных НАВП с разными внешними архитектурными схемами и расположением подъемно-двигательных комплексов.

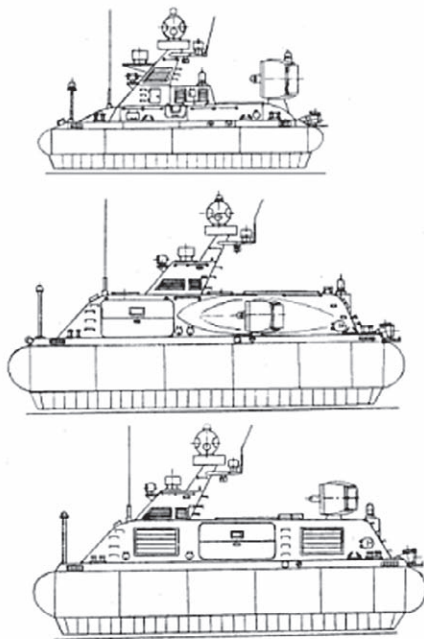


Рис. 1. Примеры возможного расположения подъемно-двигательных комплексов, мачтовых устройств и надстроек на НАВП (вид сбоку)

Применение на СВП ВИШ и ВФШ без кольцевых насадок подтверждает возможность их использования и на НАВП

и НАЭ. Размещение на НАВП и НАЭ неподвижных, поворотных вертикальных и горизонтальных пилонов с мотогондолами, ВО и ГО будут подобны используемым на СВП, ЭК, ЛА. Расположение названных конструктивных элементов на многокорпусных НАВП и НАЭ потребует их максимальной унификации. ВИШ (ВФШ) с кольцевыми насадками и без них на обитаемых СВП устанавливаются на пилонках и ВО, непосредственно перед рулями направления, улучшающими при их обдуве воздушными струями управляемость и маневренность. На рис. 2 приведен вид спереди двухкорпусного НАВП с маршевыми двигателями и соосными многолопастными ВИШ (ВФШ), расположенными на вертикальных пилонках. Размещение на задних кромках кольцевых насадок ВИШ (ВФШ) поворотных аэродинамических поверхностей управления, выполняющих роль рулей направления, показало их наибольшую эффективность как винторулевых комплексов. ВИШ (ВФШ) в кольцевых насадках и без них могут устанавливаться попарно на бортах, в носовой и кормовой частях СВП (SR.N 4, SR.N 8, Великобритания) и одиночно в ДП (ВН-7, Великобритания) [3].

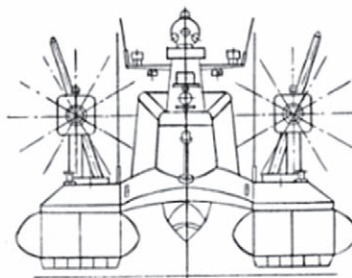


Рис. 2. Возможное расположение на двухкорпусном НАВП (вид спереди) подъемно-двигательного комплекса с осевыми нагнетателями, соосными многолопастными ВИШ (ВФШ) без кольцевых насадок и мотогондолами на вертикальных пилонках

На рис. 3 представлена общая архитектурная схема двухкорпусного НАВП с ВИШ (ВФШ) в кольцевых насадках и поворотными аэродинамическими поверхностями управления на выходных кромках, выполняющими роль рулей направления, носовой и кормовой аппарелями, грузовой палубой со сквозным проходом. В подъемно-двигательных комплексах НАВП и НАЭ возможно применение ВИШ (ВФШ) в цельноповоротных кольцевых насадках (рис. 4).

Высокооборотные и низкооборотные ДД, ДГТА при одинаковых с ГТД мощностях имеют меньшие удельные расходы топлива, большие массы, габаритные размеры, что может ограничивать скорости и маневренные характеристики аппаратов в вертикальной и горизонтальной плоскости при полетах на разных высотах (для НАЭ), снижая уровень лет-

ной безопасности. ДД и ДГТА в качестве ГЭУ найдут применение, вероятнее всего, на крупноразмерных НАВП и НАЭ и ограниченное использование на среднеразмерных и малоразмерных.

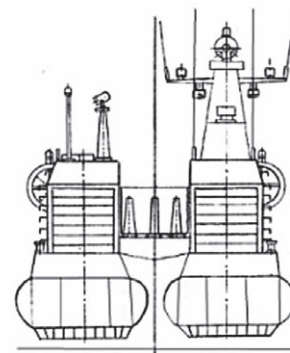


Рис. 3. Конструктивная схема двухкорпусного НАВП (вид спереди) с расположением подъемно-двигательного комплекса с ВИШ (ВФШ) в кольцевых насадках, осевыми нагнетателями и сквозной открытой грузовой палубой

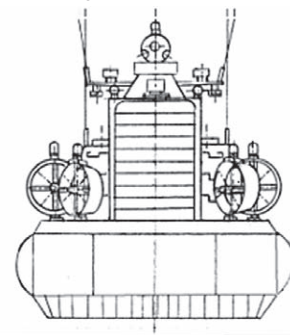


Рис. 4. Общая конструктивная схема однокорпусного НАВП (вид спереди) с подъемно-двигательным комплексом с ВИШ (ВФШ) в цельноповоротных кольцевых насадках, без ВО, с осевыми нагнетателями, кормовой и носовой аппарелями, сквозной грузовой палубой в закрытом помещении

В составе силовых установок НАВП и НАЭ возможно совместное использование в качестве маршевых, «поддувных» и вспомогательных двигателей ГТД, ТРД, ТРДД, ТВД, ТВЛД, ДД, ПД, ДГТА. Оперативный отрыв НАВП и НАЭ от опорных поверхностей будет обеспечиваться статической и динамической ВП. Одноярусные и многоярусные гибкие ограждения НАЭ с секционированным «подкупольным» пространством для уменьшения аэродинамического сопротивления при полетах в самолетных режимах должны полностью или частично убираться в специально предназначенные отсеки и гондолы за время, равное или меньше 10–15 с. НАЭ и НАВП с самолетными и подобными им общими конструктивными схемами являются многорежимными транспортными средствами. На рис. 5 представлен гипотетический многоцелевой гражданский НАЭ класса «С» с гидросамолетной конструктивной схемой. Он имеет крыло, ПГО с развитой

механизацией, обеспечивающей малые скорости захода на посадку и дистанции разбега по спокойной и взволнованной поверхности воды, фюзеляж, ВО, убирающееся гибкое ограждение, подъемно-двигательный комплекс, средства поиска и обнаружения подвижных и стационарных объектов. АГДК НАЭ обеспечивает многорежимное движение: глиссирование, полуглиссирование, перемещение в водоизмещающем режиме по тихой и взволнованной поверхности воды, экранный полет.

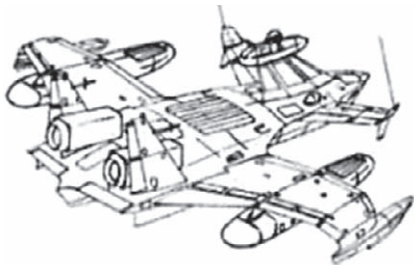


Рис. 5. Конструктивная схема гипотетического гражданского многоцелевого НАЭ самолетной схемы

В случае отказа одного из двух маршевых двигателей на любом этапе полета работающий должен обеспечить его продолжение в автоматическом и ручном режиме управления [4]. Продольная, поперечная устойчивость, управляемость, а соответственно, уровень летной безопасности, ЛТХ, ЭТХ и остойчивость НАЭ (НАВП) при имеющихся конструктивно-проектных параметрах, на разных режимах движения будут определяться характеристиками силовой установки, совершенством АГДК и систем управления.

ОРГАНИЗАЦИЯ И СОСТАВ КОМПЛЕКСОВ НАВП И НАЭ

Комплексы НАВП (НАЭ) гражданского назначения, являющиеся большими техническими системами [5], предназначены для решения определенных задач [6] и представляют собой совокупность сил и технических средств, обеспечивающих безопасную, с заданной эффективностью эксплуатацию при одиночном и групповом использовании. Первоначальные оценки показали, что в состав комплекса НАВП (НАЭ) будут входить:

- КДП различного базирования (берегового, воздушного, автомобильного, судового, железнодорожного);
- система базирования с комплексом необходимых технических средств;
- комплексы приема передачи информации;
- бортовые комплексы управления и навигации НАВП и НАЭ;
- комплекс служебных, бытовых, санитарно-гигиенических, медицинских помещений;
- участки акваторий для хранения и стоянок НАВП и НАЭ со средствами спуска и подъема.

Обслуживать комплексы будет экипаж.

Длительное поддержание жизненного цикла комплекса НАВП (НАЭ) обеспечивается эффективностью его системы базирования, позволяющей проводить все необходимые работы и виды ТО и многократно применять аппараты. НАВП (НАЭ) независимо от носителя должны работать в любых ГМУ, в разное время суток и года. Хранение НАВП и НАЭ при базировании на береговых аэродромах и различных транспортных средствах (авиационных, автомобильных, судовых, железнодорожных) возможно в ангаре, отсеках ангара, отдельных модулях, расположенных в их внутреннем пространстве или снаружи. Конструкции средств хранения НАВП и НАЭ должны хорошо интегрироваться с конструктивными схемами носителей, а системы базирования комплексов обеспечивать их электроэнергией, топливом, ГСМ, сжатым воздухом, газами, техническими средствами обслуживания и подготовки, сменным бортовым оборудованием и целевой полезной нагрузкой, силами и средствами проведения регламентных работ, планового, промежуточного, капитального, оперативного ремонта.

Новым сложным общепроектным и конструкторским вопросом, решаемым при создании комплексов НАВП и НАЭ, является обеспечение на них постоянного базирования и многократного применения бортовых авиационных комплексов, повышающих эффективность решаемых аппаратами задач. Постоянное базирование беспилотных авиационных комплексов с большой вероятностью будет осуществляться на среднеразмерных и крупноразмерных НАВП, НАЭ, ДУНК с водоизмещающими принципами поддержания. В связи с этим потребуются создание полностью автоматизированной системы постоянного базирования для малоразмерных и среднеразмерных ДПС и ДПВ. Бортовая аппаратура комплекса должна будет в автоматическом режиме оперативно оценивать текущие параметры водной и воздушной среды для безопасного осуществления взлетно-посадочных операций. На среднеразмерных и крупноразмерных НАВП, НАЭ, ДУНК с водоизмещающими принципами поддержания смогут размещаться топливные цистерны и хранилища авиационного топлива весьма малых объемов, что существенно ограничит количество выполняемых БПС и БПВ полетов в одном походе. Необходимость функционирования НАВП, НАЭ и ДУНК с водоизмещающими принципами поддержания в условиях качки, значительных угловых и линейных перемещений корпусов, палуб, отсутствия визуального контакта с оператором управления требует в грани-

цах установленных ограничений полной автоматизации обеспечения безопасности взлетно-посадочных операций ДПС и ДПВ с любыми конструктивно-компоновочными схемами и массогабаритными характеристиками. При отсутствии у оператора визуального контакта с НАВП, НАЭ, ДУНК с водоизмещающими принципами поддержания для сохранения возможности непосредственного управления и корректировки движения ДПС и ДПВ в ходе проведения взлетно-посадочных операций в любых ГМУ, в разное время суток и года их визуализация должна обеспечиваться бортовыми средствами наблюдения и контроля.

ВЫВОДЫ

1. В интересах дальнейшего развития и совершенствования НАВП, НАЭ и ДУНК с водоизмещающими принципами поддержания гражданского назначения необходима их первоначальная классификация по целевому назначению, принципам поддержания, конструкциям, габаритным размерам, массам.

2. НАВП и НАЭ гражданского назначения могут быть одноцелевыми и многоцелевыми, создаваемыми по судовым внешним архитектурным и авиационным конструктивно-компоновочным схемам.

3. НАВП и НАЭ могут создаваться по однокорпусным и многокорпусным архитектурным и конструктивно-компоновочным схемам, с гибкими ограждениями и без них, обеспечивая постоянное базирование беспилотных авиационных комплексов с мало- и среднеразмерными ДПС и ДПВ.

4. Размещение подъемно-двигательных комплексов, маршевых, подъемных, «поддувных» двигателей, мотогондол с ВИШ (ВФШ) на неподвижных, поворотных вертикальных, горизонтальных пилонах, ВО, ГО, будет аналогичным применяемому на обитаемых СВП, ЭК, ЛА и универсальным, обеспечивающим использование на любых конструктивных схемах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демешко Г.Ф. Проектирование судов, амфибийные суда на воздушной подушке. – 2 т. – Л.: Судостроение, 1992. – 310 с.
2. Смирнов С.А. Суда на воздушной подушке скегового типа. – Л.: Судостроение, 1983. – 216 с.
3. Бенуа Ю.Ю., Колызаев Б.А., Дьяченко В.К., Литвиенко В.А., Озимов И.В., Смирнов С.А. Основы теории судов на воздушной подушке. – Л.: Судостроение, 1970. – 456 с.
4. Галлай М.Л. Полет самолета с неполной и несимметричной тягой. – М.: Машиностроение, 1970. – 192 с.
5. Матвеевский С.Ф. Основы системного проектирования комплексов летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1980. – 239 с.
6. Шилкин А.А. Оценка целесообразности создания обитаемых аппаратов с динамическими принципами поддержания гражданского назначения // «Морской вестник». – 2016. – №2(54). ■

Авухрежимный контрпропеллер – это задняя ступень многофункционального двухступенчатого движителя (МДЛД) [1, 2]. Многофункциональность МДЛД определяет контрпропеллер, который может работать как с подводом энергии в реактивном режиме, так и без подвода энергии в качестве энергосберегающего устройства в виде неподвижного контрпропеллера (рис. 1).

В работах [2, 3] исследованы гидродинамические характеристики МДЛД за корпусом судна на режиме полного хода (рис. 1, а), а работы [4, 5] содержат результаты исследований МДЛД на режиме малого (аварийного) хода (рис. 1, в) и полного хода (рис. 1, а). Настоящая статья посвящена исследованию гидродинамических характеристик контрпропеллера (задней ступени МДЛД) на швартовах (рис. 1, г), т. е. на третьем основном режиме его работы.

Исследования выполнялись в опытном бассейне в Крыловском ГНЦ применительно к большому рыболовному судну [5], главные размерения которого и коэффициенты теоретического чертежа приведены ниже. Масштаб модели составил 1:15.64.

Главные размерения судна, характеристики движителя

Геометрическая характеристика	Значение
Длина между перпендикулярами L_{pp} , м	75
Ширина B , м	14
Осадка носом T_n , м	5,55
Осадка кормой T_k , м	5,55
Водоизмещение V , м ³	2940
Абсцисса центра величины X_c , м	-0,9
Подъем центра ванта над основной линией Z_s , м	2,0
Отношения:	
L_{pp}/B	5,36
B/T	2,52
Коэффициент общей полноты C_p (по L_{pp})	0,50
Коэффициент полноты мидель-шпангоута C_m	0,90
Диаметр гребного винта D , м	3,44
Диаметр контрпропеллера D_s , м	1,98

Контрпропеллеры были испытаны не только за корпусом модели в опытном бассейне, но и на швартовном режиме на установке свободной воды.

Рассмотрим геометрические характеристики исследованной серии контрпропеллеров. Их геометрия была выбрана в ходе поиска компромиссных решений, обеспечивающих высокие гидродинамические характеристики контрпропеллера как на режиме энергосбережения (см. рис. 1, а), так и на реактивном режиме (см. рис. 1, в). За базовую геометрию серии контрпропеллеров была принята геометрия контрпропеллера № 8244 (табл. 1), спроектированного из условия полной раскрутки потока на режиме полного хода при нагрузке гребного винта $C_T=1,1-1,3$ [5, 6].

Изменения геометрии контрпропеллеров по сравнению с базовой моде-

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХРЕЖИМНОГО КОНТРПРОПЕЛЛЕРА НА ШВАРТОВАХ КАК СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.Р. Тогуняц, канд. техн. наук, зав. отделом АО «Гипрорыбфлот»,
Л.И. Вишневецкий, д-р техн. наук, гл. учёный секретарь,
С.В. Капранцев, начальник лаборатории,
 ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
 контакт. тел. (812) 320 7081,
 e-mail: togunjac@grf.spb.ru, vishli@yandex.ru, sergei.kaprantsev@yandex.ru

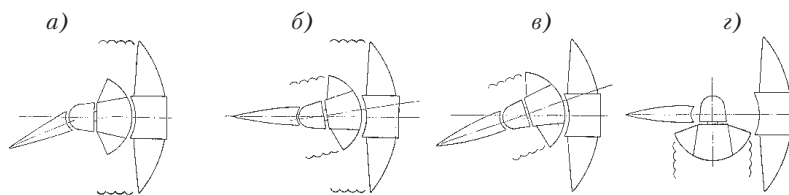


Рис. 1. Принципиальные схемы работы многофункционального двухступенчатого лопастного движителя на различных режимах: а – полный ход и маневрирование, контрпропеллер неподвижен; б – работа движителя в режиме гребных винтов противоположного вращения; в – малый или аварийный ход и маневрирование, контрпропеллер работает в реактивном режиме (тянущий винт); г – маневрирование, контрпропеллер работает в реактивном режиме (толкающий винт); $\cup\cup\cup$ – реактивный режим

Таблица 1
 Геометрические характеристики модели контрпропеллера № 8244 (лопасть с прямолинейной образующей)

\bar{r}	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	0,950	0,975	1,00
C/R	0,538	0,535	0,532	0,455	0,315	0,170	0,090	0
$\bar{f} = f/C$	0,013	0,038	0,066	0,083	0,091	0,080	0,040	0
P/D	10,31	12,38	14,44	16,50	18,57	19,60	20,11	20,63
φ	81°21'	81°21'	81°21'	81°21'	81°21'	81°21'	81°21'	81°21'
C_s/R	0,042	-0,005	-0,040	-0,085	-0,140	-0,170	-0,190	-0,210
X_s/R	0	0	0	0	0	0	0	0
$\delta = e/C$	0,128	0,110	0,092	0,086	0,089	0,135	0,228	0
e/D	0,0344	0,0294	0,0245	0,0196	0,0140	0,0115	0,0103	

Здесь r – текущий радиус гребного винта; R – радиус гребного винта; C – ширина лопасти гребного винта; f – наибольшая стрелка прогиба средней линии профиля сечения лопасти; P/D – шаговое отношение; δ – шаговый угол; C_s – саблевидность лопасти (skew); X_s – уклон лопасти (rake); e – максимальная толщина профиля сечения лопасти; $\delta = e/C$ – относительная максимальная толщина профиля сечения лопасти.

В результате исследования было заключено в следующем: модель № 8339 выполнена с криволинейной образующей лопасти; модель № 8340 – с уменьшающимся шагом на периферии лопасти; модель № 8341 – с геометрией, приспособленной к работе в реверсивном режиме путем изменения шага через флюгерное положение лопасти (профиль лопасти и контур лопасти симметричны относительно образующей лопасти, кривизна сечений лопастей на периферии уменьшена).

Таким образом, при модификации геометрии базовой модели была уменьшена различными способами нагрузка на периферии лопасти, что приблизило радиальные распределения нагрузки

на реактивном режиме к оптимальному распределению. Для примера гидродинамической эффективности на реактивном режиме при оптимальной геометрии лопасти в ходе сравнительных испытаний был использован гребной винт малого диаметра № 8245, спроектированный по ОСТ 5.41129–75 [7]. На рис. 2 показано радиальное распределение шагового отношения P/D контрпропеллеров на реактивном режиме.

Результаты испытаний контрпропеллеров на швартовном режиме представлены в табл. 2.

Для оценки гидродинамической эффективности контрпропеллеров на швартовном режиме применитель-

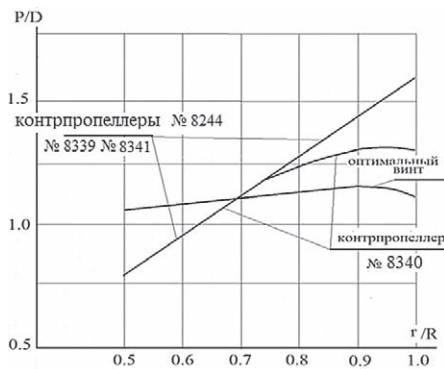


Рис. 2. Радиальные распределения шагового отношения P/D контрпропеллеров на реактивном режиме

Таблица 2
Гидродинамические характеристики моделей контрпропеллеров различной геометрии на швартовах

№ модели контрпропеллера	Свободная вода I квадрант		Свободная вода VI квадрант		За корпусом упор		За корпусом тяга	
	K_T	$10K_0$	K_T	$10K_0$	K_T	$10K_0$	K_E	$10K_0$
8244	0,430	0,778	0,142	0,589	0,507	0,984	0,485	0,984
8245	0,328	0,586	0,233	0,568	0,360	0,599	0,341	0,599
8339	0,252	0,616			0,287	0,754	0,294	0,754
8340	0,409	0,718			0,514	0,906	0,482	0,906
8341	0,314	0,470			0,433	0,816	0,412	0,816

K_T – коэффициент упора; K_0 – коэффициент момента; K_E – коэффициент тяги

но к выбранному рыболовному судну были выполнены расчеты их упоров и тяги при использовании мощности $P_D = 350$ кВт. Указанная мощность позволяет судну развивать скорость 7 уз под действием контрпропеллера [5] (табл. 3). В этой же таблице приведены для полноты информации данные по сравнительным модельным самоходным испытаниям судна на полном и на малом ходах из работы [5].

Наилучший результат по тяге в тянущем режиме показал контрпропеллер № 8340 (см. табл. 3). При этом тяги контрпропеллеров T_e с прямой лопастью образующей лопасти не отличаются друг от друга более чем на 10%. Наихудший результат по тяге (как и по упору T) показал контрпропеллер с криволинейной образующей лопасти (№ 8339). Упомянутые данные по тяге контрпропеллеров относятся к тянущему режиму. При анализе эффективности контрпропеллеров полагается, что поворот контрпропеллера на 90° для создания поперечной силы в тяну-

щем режиме не изменяет его характеристик на швартовах, полученных при расположении оси вращения контрпропеллера в диаметральной плоскости модели судна. На натурном судне для получения характеристик по поперечной тяге на швартовах не хуже, чем по данным модельных испытаний (см. табл. 3), конструкция движительно-рулевого комплекса должна быть такой, чтобы в спутной струе за контрпропеллером (т. е. задней ступени МДЛД) отсутствовали любые элементы конструкций судна, препятствующие ее формированию. На рис. 3 представ-

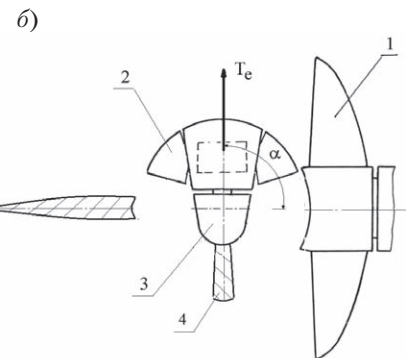
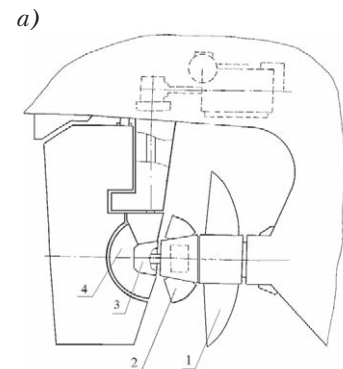


Рис. 3. Двухступенчатый лопастной движительно-рулевой комплекс [8]: а – вид сбоку; б – условный вид сверху

1 – гребной винт; 2 – контрпропеллер; 3 – обтекатель; 4 – малый руль

леу эскиз движительно-рулевого устройства с МДЛД, конструкция которого удовлетворяет этому требованию благодаря вырезу в руле и наличию особенности конструкции [8], так как существенно улучшает гидродинамическую эффективность контрпропеллеров, когда они работают в реактивном режиме, т. е. как гребные винты.

Толкающий вариант (см. рис. 1, з) предусматривает работу контрпропеллера в IV квадранте, т. е. при изменении направления его вращения (см. табл. 2, контрпропеллер № 8244 и винт малого диаметра № 8245). Винт малого диаметра № 8245 потерял по тяге по сравнению с работой в I квадранте 28%, а контрпропеллер № 8244 – 60%. Наиболее эффективным для толкающего режима является контрпропеллер № 8341, имеющий симметричный профиль сечения лопастей и контур: его гидродинамические характеристики при реверсе не меняются (см. табл. 3). Для реализации такого режима экс-

плуатации необходим более сложный механизм изменения шага, обеспечивающий перекладку лопастей через флюгерное положение, а это значит поворот лопастей не менее чем на 120° . Такой контрпропеллер получил название «контрпропеллер в трехстановочном варианте» [9]. Однако модель № 8341, спроектированная для такого варианта, оказалась вследствие разгрузки ее периферийных сечений лопастей и особенности профилировки лопастей (симметричный профиль относительно поперечной оси), неэффективной на режиме энергосбережения (см. рис. 1, а и табл. 3), что необходимо учесть при рабочем проектировании.

Для сопоставления гидродинамической эффективности кормовой ступени МДЛД и традиционного подруливающего устройства (ПУ) в качестве последнего выбрано ПУ типа «винт в трубе» ПУ130Ф (изготовитель – головной

Таблица 3

Гидродинамическая эффективность МДЛД с различными контрпропеллерами по данным модельных исследований

№ модели контрпропеллера	Энергосбережение на полном ходу, % [5]	η_D на малом ходу [5]	P_D/P_{D8245} на малом ходу [5]	Упор на швартовах (свободная вода) T/P_D , кг/кВт		Упор на швартовах (самоход) T_e/P_D , кг/кВт	Тяга на швартовах (самоход)	Засасывание $t = 1 - T_e/T$
				I квадрант	IV квадрант			
8244	6,4	0,340	1,03	16,0	6,3	16,1	15,4	0,043
8245	4,1	0,350	1,00	14,7	10,7	15,9	15,1	0,050
8339	2,3	0,275	1,27	11,0		10,9	11,1	-0,018
8340	3,1	0,345	1,015	16,0		17,2	16,2	0,058
8341	2,1	0,345	1,015	16,3	16,3	15,6	14,8	0,051

η_D – пропульсивный коэффициент; P_D – мощность, потребляемая двигателем; T – упор; T_e – тяга

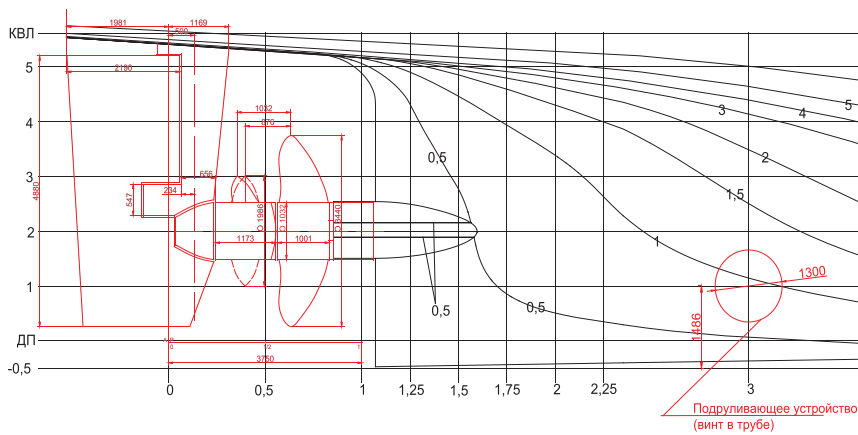


Рис. 4. Расположение ПУ130Φ в кормовой оконечности судна с многофункциональным двухступенчатым движителем

филиал «НПО «Винт «АО «ПС «Звездочка», www.vintnpo.ru). Длина канала ПУ l_k при его расположении в кормовой оконечности судна (рис. 4) составляет 1,88 м ($l_k/D_{\text{ПУ}}=1,44$). Таким образом, значение $l_k/D_{\text{ПУ}}$ располагается в области пологого максимума эффективности подруливающих устройств в функции от относительной длины канала (зона максимума $1,0 \leq l_k/D_{\text{ПУ}} \leq 2,0$ [10]). Поэтому для сравнения с двухрежимным контрпропеллером были приняты максимальные значения тяги, соответствующие номинальным характеристикам ПУ130Φ.

Тяга ПУ в стандартных условиях при номинальной мощности 500 кВт равна 62 кН (6320 кг). Таким образом, показатель эффективности ПУ T_e/P_d составляет 12,6 кг/кВт, что на 15–22% меньше, чем показатели контрпропеллеров на тянущем режиме (за исключением контрпропеллера № 8339 с криволинейной образующей лопасти (см. табл. 3). Кроме величины тяги при оценке эффективности средств активного управления необходимо принимать во внимание момент силы тяги T_e относительно миделя (как правило, отстояние ПУ от миделя $X_{\text{ПУ}}$ принимается максимально возможным). Максимальное удаление от миделя судна канала подруливающего судна ограничено как конструктивными особенностями судна (например, компоновкой машинного отделения), так и формой корпуса. Последнее объясняется значительной зависимостью величины тяги ПУ от кривизны ватерлинии и формы шпангоута [10]. Эффективность двухрежимного контрпропеллера, работающего как поворотная колонка, практически не зависит от формы (обводов) корпуса, при этом он расположен на значительно большем расстоянии в корму от миделя, чем подруливающее устройство. На рассматриваемом типовом судне отстояние от миделя точки приложения боковой силы от действия контрпропеллера составляет 37 м, что на 40% превышает $X_{\text{ПУ}}$ (см. рис. 4) и обеспечивает увеличение момента от действия контр-

пропеллера на указанную величину при прочих равных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После проведенных испытаний двухрежимного контрпропеллера на швартовах в опытовом бассейне был завершен цикл модельных исследований гидродинамических характеристик многофункционального двухступенчатого лопастного движителя (МДЛД) на трех основных режимах его работы:

- полный ход и энергосбережение (рис. 1, а) [3, 5, 6];
- малый ход и аварийный ход (рис. 1, в) [5];
- работа на швартовах и в режиме поворотной колонки (настоящая работа, рис. 1, з).

Исследования гидродинамической эффективности двухрежимных контрпропеллеров на швартовах показали, что все испытанные контрпропеллеры с прямолинейной образующей лопасти в тянущем режиме обеспечивают силы тяги T_e , близкие по величине, и превышают показатель эффективности, выраженный отношением тяги к потребляемой мощности, традиционного подруливающего устройства типа «винт в трубе» на 15–22%. Однако для реализации тянущего режима с указанными характеристиками необходимы конструктивные изменения рулевого устройства в виде разрезного руля (см. рис. 2) [8]. В этом случае механизм изменения шага контрпропеллера может быть упрощен и выполнен для фиксации лопастей на двух установочных углах.

Для создания поперечной силы в толкающем режиме (см. рис. 1, з) наиболее перспективен двухрежимный контрпропеллер в трехустановочном варианте [9], конструкция которого обеспечивает поворот лопастей через флюгерное положение. Кроме того, в этом случае обеспечивается и задний ход судна без изменения направления вращения контрпропеллера. При повороте лопастей через флюгерное положение на рабочем режиме контрпропеллера вхо-

дящая кромка лопастей становится выходящей, а засасывающая поверхность остается засасывающей. Последнее обстоятельство положительно сказывается на гидродинамической эффективности контрпропеллера при реверсе. С целью повышения энергосбережения на режиме полного хода геометрия лопастей контрпропеллера должна выбираться из условия полной раскрутки потока, т. е. без сброса нагрузки на периферии лопасти. При этом с учетом кратковременного использования контрпропеллера на швартовном режиме можно рекомендовать применение традиционной профилировки лопастей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тогуняц А. Р. Способ движения и маневрирования судна и лопастной движительный комплекс. – Патент № 2098316 // Официальный бюллетень ВНИИПИ «Изобретения», 1997, № 34.
2. Вишневский Л. И., Тогуняц А. Р. Корабельные лопастные движители. Новые технические решения, результаты исследований. – СПб.: Судостроение, 2011.
3. Togunjac A. R., Kaprancev S. V. Projektiranje i modelsko ispitivanje djelotvornosti kontrainvika // Brodogradnja. – 1994. – №42. – P. 127–133.
4. Тогуняц А. Р., Вишневский Л. И., Седых Е. А. Опыт концептуального проектирования морских судов с альтернативной импульсивной установкой, оснащенной двухрежимным контрпропеллером // Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – 2015. – № 40/41.
5. Togunjac A. R., Vishnevsky L. I., Kaprancev S. V. Model Hydrodynamic Investigation of Two-Stage Multipurpose Propulsor Behind the Ship. – Proceedings of the XXI Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding in Memoriam prof. Leopold Sorta, Trogir-Seget Donji, Croatia, 2016, October 6–8, p. 215–223.
6. Togunjac A. R., Vishnevsky L. I. Moreschildt K. V. Hydrodynamics Characteristics of Dual-Mode Contra Propellers. Proceedings of the XX Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding in Memoriam prof. Leopold Sorta. – Baška, Croatia, 2014, October 2–4, p. 291–300.
7. ОСТ 5.4129–75. Комплекс движительный гребной винт – направляющая насадка. Методика расчета и правила проектирования.
8. Тогуняц А. Р., Вишневский Л. И. Двухступенчатый лопастной движительно-рулевой комплекс. – Патент на полезную модель № 147957 // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2014, № 32.
9. Тогуняц А. Р., Вишневский Л. И., Анчиков С. Л. Способ проектирования двухрежимного контрпропеллера в трехустановочном варианте и двухрежимный контрпропеллер в трехустановочном варианте. – Патент на изобретение № 2569996 // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2015, № 34.
10. Гофман А. Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справочник. – Л.: Судостроение, 1988. ■

По заказу Росморречфлота «Морским Инженерным Бюро» был разработан новый концепт железнодорожно-автомобильно-пассажирского паромов ледокольного типа неограниченного района плавания нового поколения с двухвальной четырехдвигательной силовой установкой и тремя подруливающими устройствами пр. CNF11CPD для линии Ванино–Холмск. При этом был учтен опыт работы существующих судов и условия линии.

Новый паром предназначен для перевозки железнодорожных вагонов (30 ед.) российского стандарта с шириной колеи 1520 мм, всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы (48 ед.), легковые автомобили (28 ед. дополнительно), различной колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, рефконтейнерах, а также опасных грузов классов 1.1–1.6; 1.4S; 2.1–2.3; 3 (в полном объеме); 4.1–4.3; 5.1; 6.1 (в полном объеме); 8 (в полном объеме); 9 и пассажиров (150 человек), с кормовой и бортовой схемой грузообработки.

Новый концепт стал итогом комплекса исследований, проведенных в 2012–2013 гг. «Морским Инженерным Бюро» во взаимодействии с ведущими отечественными и иностранными научными институтами, включая «Акер Арктик технологии» (рекомендации по обводам, испытания в ледовой бассейне), ЦНИИ МФ (экспертиза технических решений на всех стадиях, формирование обводов, экономические расчеты и моделирование эксплуатации), «Крыловский государственный научный центр» (испытания буксировочные, самоходные, мореходные, а также проверочные в ледовом бассейне), проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства ОАО «РЖД» (проверка возможности перевозки подвижного состава на пароме).

Целью статьи является обоснование принятых при проектировании нового паромов для Сахалина принципиальных решений и главных параметров.

Более 75% всех грузовых перевозок и около 25% пассажирских перевозок между островом Сахалин и материковой частью обеспечивает морская железнодорожная грузопассажирская паромная переправа Ванино–Холмск.

Понятно, что в таких условиях от стабильности паромного сообщения зависит нормальное функционирование всех отраслей экономики Сахалина и снабжение его населения.

Первая очередь существующей переправы Ванино–Холмск была торжественно открыта 27 июня 1973 г., вторая очередь – в 1985 г. Протяженность расположенной в Татарском проливе линии – 140 мор. миль (рис. 1). Поскольку ширина сахалинской железнодорожной колеи (1067 мм) отличается от общероссийской, в порту Холмск осуществляется замена тележек.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО- АВТОМОБИЛЬНО-ПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА ДЛЯ ЛИНИИ ВАНИНО–ХОЛМСК ЧАСТЬ 1

*Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
И.А. Ильницкий, первый зам. ген. директора, гл. конструктор,
ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,
контакт. тел. (812) 232 8538*

Интересно, что в действительности переправа, обеспечившая надежную связь между островом и материком, появилась еще в 50-е гг. прошлого столетия. На нее были поставлены построенные в 1956 и 1958 гг. на Амурском судостроительном заводе паромы пр. 728П «Забайкалье» и «Приамурье» [1].



Рис. 1. Паромная переправа Ванино–Холмск

Сегодня на железнодорожной паромной линии Ванино–Холмск работают три паромов пр. 1809 «Сахалин-8», «Сахалин-9» и «Сахалин-10» [2], которые строились на Калининградском заводе «Янтарь» в период с 1972 г. по 1992 г. Всего было построено десять таких паромов. Семь из них после полной выработки ресурса были списаны. Понятно, что срок службы оставшихся судов не безграничен, и необходимы новые паромы для замены.

По оценкам специалистов ДНИИ-МФ, основными проблемами существующих дизель-электроходов типа «Сахалин» являются недостаточная мореходность; избыточный расход топлива на чистой воде от дополнительного сопротивления носового винта; недостаточная маневренность при заходе в порт Холмск из-за фактически одновальной установки и в силу отсутствия подруливающих устройств; плохой обзор из рубки; «развалы» электросхемы; низкая экономическая эффективность.

Недостаточная ледопробиваемость и снижение эксплуатационных показате-

лей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к тому, что время перехода паромов увеличилось с 8 часов до 14–18 часов. В итоге оставшиеся три судна типа «Сахалин» делают в среднем два рейса в сутки (в 1990 г. обеспечивалось более шести рейсов в сутки).

С конца 90-х гг., с открытием автомобильного сообщения из Ванино с городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре Сахалинское пароходство приступило к перевозкам на линии не только железнодорожных вагонов, но и автотранспорта, в первую очередь автопоездов со скоропортящимися и другими потребительскими грузами, доля которых неуклонно растет.

По оценкам экспертов, к 2025 г. потребность в перевозках грузов между Сахалином и материком составит около 9,2 млн. т груза за счет увеличения сбыта угля из Углегорского района, необходимости завоза строительных материалов для новых объектов электроэнергетики и перерабатывающей промышленности.

При этом оставшихся трех судов с учетом их ограничений по мореходности периодически не хватает для обработки заявленного объема груза уже сейчас. Например, в ноябре–декабре 2010 г. ОАО «РЖД» было вынуждено объявить конвенцию – запрет погрузки грузов в адрес сахалинских потребителей, так как уже скопилось в ожидании погрузки на остров более 1100 вагонов. Причина – плохая погода, из-за которой паромы (тогда их было еще четыре) простояли 26 дней, а в остальные дни половину вместимости пришлось отдать автопоездам. И такие конвенции случаются в осенне-зимний период практически каждый год [3].

Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров на паромной переправе Ванино–Холмск представлена в табл. 1. На паромов перевозятся железнодорожные вагоны, грузовые и легковые автомобили и пассажиры – см. табл. 2.

Анализ, выполненный ЦНИИ МФ, показал, что объемы перевозки грузов на направлении Ванино–Холмск в 5,5 раз превышают обратную загрузку. Среднее

Таблица 1
Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров на паромной переправе
Ванино–Холмск

Год	Объем перевозок грузов на парамах, тыс.т	Объем перевозок пассажиров, чел.
2000	1 510,1	-
2008	1 599,4	66 176
2009	1 413,2	55 217
2010	1 577,0	54 568
2011	1 584,2	50 905
2012	1 349,7	Ок. 45 500

Источник: «Морцентр – ТЭК»

Таблица 2
Перевозки железнодорожных вагонов и автомобилей на паромной переправе
Ванино–Холмск по видам транспортных единиц

Вид транспортной единицы	Годы		
	2010	2011	2012
Вагоны груженные	15 707	15 326	23 354
Вагоны порожние	13 512	13 563	
Автомобили грузовые	8 057	7 827	13 508
Автомобили легковые	3 047	2 941	

Источник: «Морцентр – ТЭК»

количество груза в прямом рейсе – около 1100 т, в обратном – 190 т.

Количество пассажиров, следующих на Сахалин, почти на 35% больше, чем в обратном направлении. Количество пассажиров, перевезенных за июнь–август и сентябрь, составляет порядка 50% от общегодового объема перевозки пассажиров.

Количество транспортных средств за рейс в одну сторону составляет 17–19 вагонов (в основном в прямом рейсе – груженные, в обратном – порожние), 7–9 грузовых и 2–4 легковых автомобилей.

Количество пассажиров в рейсе Ванино–Холмск в среднем составляет 54 чел., в обратном рейсе – 42 чел. Максимальная загрузка судна пассажирами наблюдается в июле–августе. В июле 2012 г. обеспечивалась полная загрузка паромов пассажирами как в прямом, так и обратном направлении. На основе приведенных данных прослеживается тенденция увеличения перевозок грузов на автомобилях (на 23%) и снижение количества железнодорожных вагонов (на 23%). Доля автомобильного транспорта в перевозке грузов достигла 26%.

В приведенном объеме перевозок доля опасных грузов составляет 12–15%. К опасным грузам отнесено топливо, метанол, химические грузы.

Пассажировместимость паромов востребована полностью, так как из-за высокой стоимости авиабилетов именно паром стал единственно возможным способом пассажирских сообщений для большинства населения Сахалина.

Выбранное в новом проекте количество пассажиров (150 человек) отражает пиковую потребность линии в сезон отпусков и назначено по предложению правительства Сахалинской области, которому принципиально важно решить социальную задачу по обеспечению отдыха населения региона.

Существующие суда ориентированы в основном на перевозку железнодорожных вагонов (имеется всего одна грузовая палуба). Для улучшения экономических показателей новые паромы в большей степени должны учитывать потребности в перевозках автомобильной техники (легковых автомобилей, автопоездов, ролл-трейлеров), иметь увеличенную

вагоновместимость и пассажировместимость.

Помимо перевозок автомобилей и трейлеров у грузоотправителей имеется еще один потенциально новый для паромной линии вид груза: контейнеры и ролл-трейлеры с тяжелой техникой. Поэтому на новом пароме при сохранении функции перевозки железнодорожных вагонов (протяженность рельсовых путей 440 пог. м при 420 на существующем), в 2,6 раза выросла вместимость по автомобилям (1036 пог. м против 394 на существующем). В итоге на новом судне можно разместить 48 грузовых автомобилей с полуприцепами длиной 12–13,5 м и дополнительно 28 легковых автомобилей.

Кроме того, следует предусмотреть перевозки рефконтейнеров, а также опасных грузов обозначенных выше классов.

Наконец, помимо кормовой схемы грузообработки, однозначно привязанной к терминалам портов Ванино и Холмск, должна быть бортовая рампа для работы с накатной техникой прямо на причал, что позволит применять новое судно, например, для коммерческих рейсов в Японию. В концепт должна быть заложена возможность работы по загрузке автопоездов и легковых автомобилей непосредственно на верхнюю палубу парома с береговых эстакад, которые предполагается построить во время реконструкции терминалов линии.

Варианты загрузки нового концепта CNF11CPD представлены на рис. 2–4.

Обоснование концепции. Предполагается, что новые паромы будут работать с использованием существующих старых паромных причалов и какое-то время параллельно с действующими паромными типа «Сахалин», постепенно их вытесняя. Следовательно, схема накатки и расположения вагонов (четыре колеи по ширине), ширина парома, система соединения с мостом остаются неизменными. При этом ограничение по условиям Холмского порта не позволяют существенно увеличить длину и осадку судна.

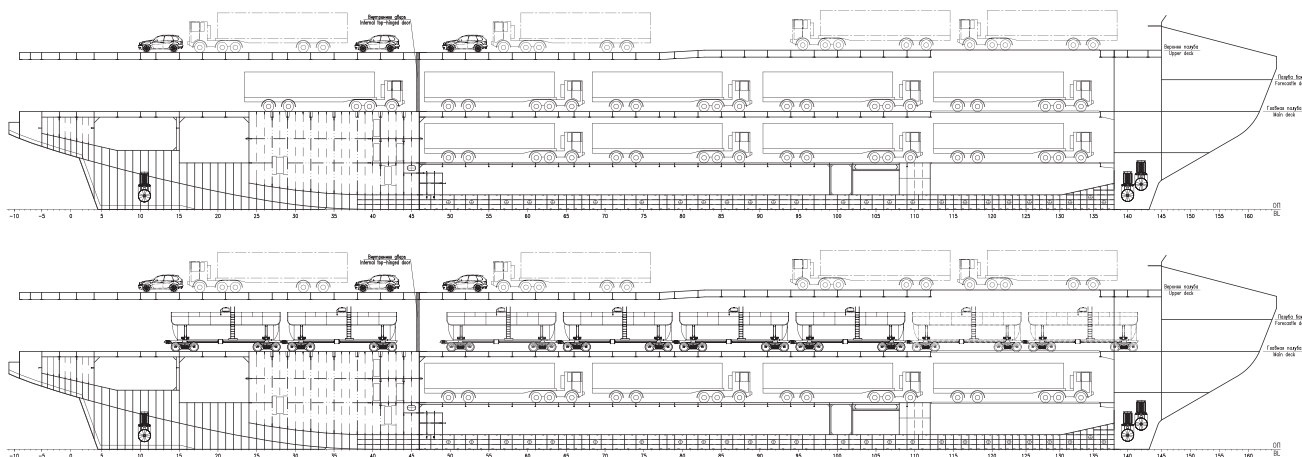
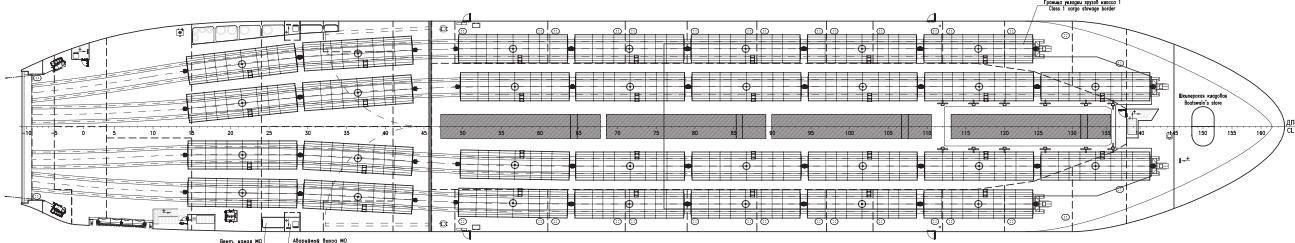
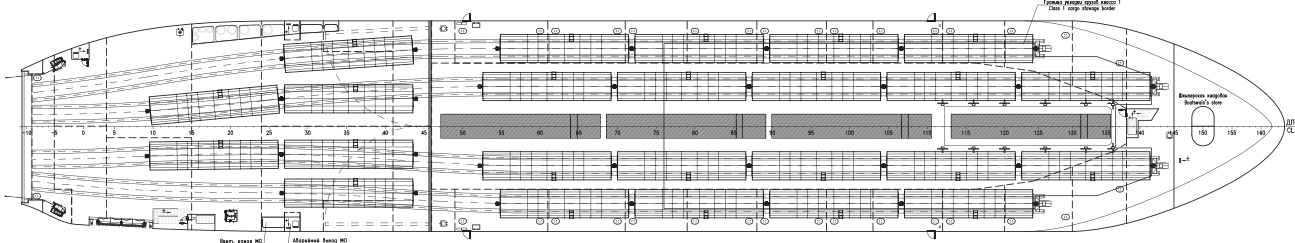


Рис. 2. Варианты загрузки железнодорожного парома проекта CNF11CPD автопоездами и ж/д вагонами (сечение по ДП)

Вариант загрузки ж/д цистернами (4-х осные габарит 1-Т шириной 3020 мм, длиной между автосцепами – 12020 мм – 30 шт.) и автопоездами – 4 шт.



Вариант загрузки полувагонами (4-х осные габарит 1-Т шириной 3020 мм, длиной между автосцепами – 13920 мм – 24 шт.) и автопоездами – 4 шт.



Вариант загрузки грузовыми вагонами (4-х осные габарит 1-Т с шириной 3020 мм, длиной между автосцепами – 14730 мм – 24 шт.) и автопоездами – 4 шт.

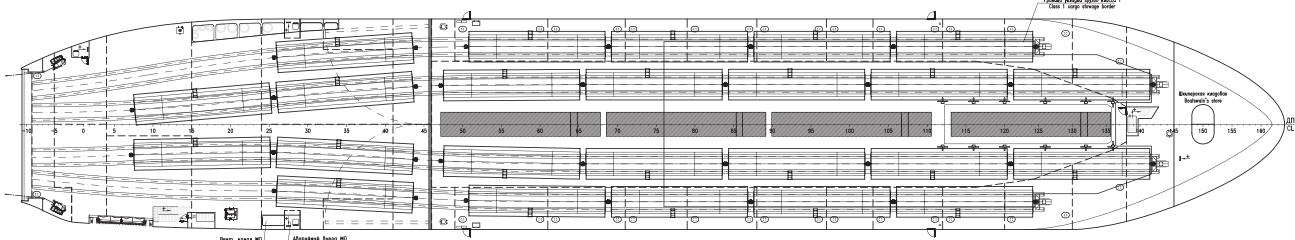
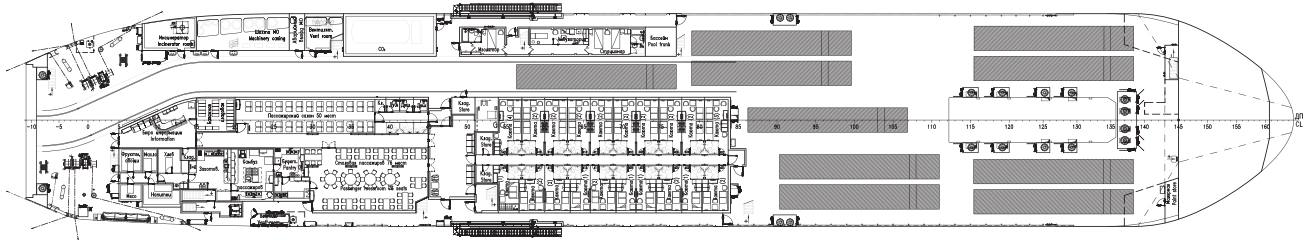
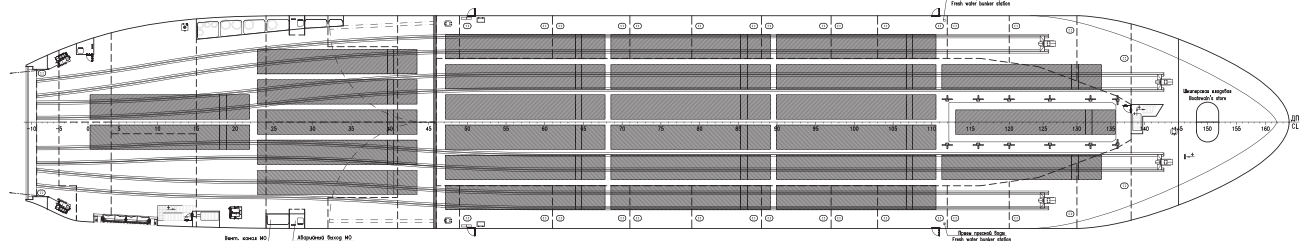


Рис. 3. Варианты загрузки железнодорожного парома проекта CNF11CPD ж/д вагонами (главная палуба)

Верхняя палуба (автопоезда – 10 шт.)



Главная палуба (автопоезда – 28 шт.)



Нижняя палуба 4800 мм от ОП (автопоезда – 10 шт.)

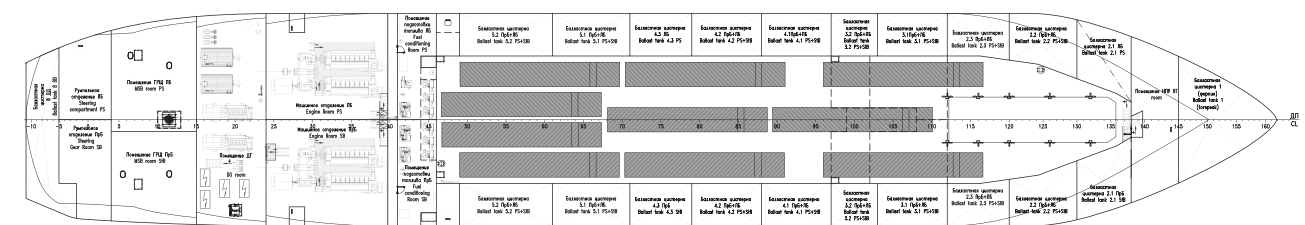


Рис. 4. Загрузка железнодорожного парома проекта CNF11CPD автопоездами (распределение автопоездов по грузовым палубам)

Существующие железнодорожные паромы имеют первый ограниченный района плавания.

Новым паромам присвоен неограниченный район плавания, и, соответственно, они не имеют ограничений по погоде.

Паромы типа «Сахалин» имеют по одному винту фиксированного шага в

носу и в корме. Это было вполне нормальным решением для конца 60-х гг., когда паром проектировался (тогда это еще использовалось в практике судостроения из-за больших проблем с изготовлением мощных и надежных подруливающих устройств в СССР, сейчас же это просто архаика).

В гидрометеорологическом отношении негативной особенностью Холмского морского торгового порта являются тягучины на внутренней акватории; стоячие волны, затрудняющие заход судов; течения вдоль берега, которые быстро разворачивают тихоходные суда на входе в порт. Вследствие этого обычным в последнее

время стал заход судов в порт на повышенных скоростях хода, что повышает вероятность столкновений и навалов, создает дополнительное волнообразование и противоречит общим представлениям о безопасности плавания в портах. Поэтому паромы нового типа *должны иметь управляемость, обеспечивающую безопасный заход в порт Холмск*. Отсюда очевидна тактика захода в порт Холмск: проскочить на хорошем заднем ходу в акваторию порта (у него ведь нет возможности «парировать» боковые усилия от ветра, от волнения, от течения – винты в ДП, соответственно, на малом ходу рули бесполезны – его может просто снести в сторону).

Следует также отметить, что значительная часть установленного на паромов типа «Сахалин» оборудования снята с производства.

Тактика захода современного парома в порт Холмск в соответствии с его возможностями совершенно другая. Новому парому для его управляемости не требуется опасный заход в порт на высоких скоростях. Паром движется в порту кормой вперед на скоростях меньше 3 уз, при которых не наблюдается снижения эффективности подруливающих устройств.

Площадь парусности нового парома (боковой профиль) в самом неблагоприятном варианте при неполной осадке 6,5 м и с автопоездами на верхней палубе составляет около 2250 м². При самом неблагоприятном направлении ветра (перпендикулярно диаметральной плоскости) только с работающими подруливающими устройствами (тяга 3×76 кН) паром может противостоять ветру со скоростью 18 уз с нулевым (!) перемещением. С учетом сопротивления дрейфу и работы винторулевого комплекса (двухвальная установка) допустимая скорость такого ветра значительно возрастает.

Принятые решения позволяют обеспечить *самостоятельную швартовку и длительное движение задним ходом по стесненной акватории* портов Ванино и Холмск, проход ворот порта Холмск задним ходом на скорости, обеспечивающей устойчивое управление судном.

Характеристики управляемости нового судна, нормируемые Правилами РС: параметр устойчивости на курсе $E_1 = 0,048$, параметр эффективности на мелководье $E_2 = 0,080$, параметр прямолинейности движения при штормовом ветре $E_3 = 0,079$. При этом характеристики устанавливаемых на судне рулей: нормативная эффективность одного руля $E_p = 0,062$. Суммарная эффективность рулей судна составляет $2 \times E_p = 0,124$. Таким образом, *эффективность управляемости судна $0,124 / 0,080 = 1,55$, что более чем в 1,5 раза больше нормативно требуемой*.

Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки.

Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна в целом оказывают «скоростные» характеристики обводов корпуса и эффективность пульсивного комплекса. Скорость нового парома пр. CNF11CPD – 18 уз при 85% использованной мощности двигателей (существующие суда имеют скорость около 16 уз). За счет хорошо известного (для европейских паромов) решения на пр. CNF11CPD на каждый винт работают по два главных двигателя, что *позволяет на экономическом ходу держать скорость в 12 уз, на полном – 18 уз*. Обводы корпуса были разработаны с помощью компьютерного моделирования [4] и проверены в опытовых бассейнах ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и Акер Арктик [5–7].

Особенностью функционирования паромной переправы Ванино–Холмск является сезонная самостоятельная работа в сложных ледовых условиях – три-четыре месяца в году на коротком участке перехода (в районе п. Ванино) складывается тяжелая ледовая обстановка. Значительные простои парома в ожидании ледокольной проводки либо ее высокая стоимость в случае индивидуальной проводки, приводят к необходимости самостоятельного движения парома в тяжелых ледовых условиях, что накладывает соответствующие требования по ледовому классу судна (Арс 5).

Как показывает анализ условий эксплуатации, во время зимне-весенней навигации перспективное судно должно двигаться со скоростью около 6–8 уз в ровном льду толщиной 80 см и со скоростью около 3 уз в ровном льду толщиной 1,0 м.

В результате проведенных исследований получены характеристики ходовых качеств автомобильно-железнодорожного парома проекта CNF11CPD в ледовых условиях: предельная ледопроечность на переднем ходу при скорости 3 уз составит 1,16 м, при скорости 6 уз – 0,84 м, на заднем ходу при скорости 1,5 уз – 0,68 м. Кроме того, конструктивно носовая и кормовая оконечности спроектированы по более высокой ледовой категории (Арс 7). В совокупности с ледопроечностью на уровне ледокола Icebreaker6 это позволяет обеспечить *самостоятельную работу нового парома в тяжелых ледовых условиях на коротком участке перехода (примерно до 30 миль в районе п. Ванино)*. В свою очередь это позволит избежать значительных простоев парома в ожидании общей ледокольной проводки, либо избыточных расходов в случае индивидуальной проводки.

В свое время паромная переправа строилась, как уже сказано, для обслуживания железнодорожных перевозок, но в последнее время все большую часть на паромных маршрутах стала занимать перевозка автомобильного транспорта. Появился новый вид груза – тяжелые трейлеры (фуры) и легковые автомоби-

ли. В связи со строительством автодороги Лидога–Ванино доля перевозок автомобильного транспорта будет расти.

Для обеспечения суточного рейса судна и соблюдения постоянного расписания требуется ограниченное время стоянки судна в порту, т.е. *полная грузовая и пассажирская обработка судна должна осуществляться в течение 2 часов*. Для этого на судне применяется кормовая схема накатной грузообработки посредством берегового железнодорожного моста, а также есть возможность загрузки верхней палубы автосоставами через береговую стационарную эстакаду. Кроме того, для использования парома в нештатном рейсе установлена бортовая рампа-закрытие для погрузки-выгрузки различной колесной техники.

В итоге были получены основные характеристики автомобильно-железнодорожного парома пр. CNF11CPD, которые представлены в табл. 3.

Общее расположение железнодорожного парома пр. CNF11CPD представлено на рис. 5–7.

Как показал опыт, снижение эксплуатационных показателей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к увеличению времени перехода парома с 8 часов до 14–18 часов. Это повлекло отказ от сидячих пассажирских авиакресел по санитарным правилам и самостоятельное переоборудование кают со спальными местами.

Медицинский блок включает кабинет врача, совмещенный с амбулаторией, стационар на два места, изолятор на одно место.

Поскольку разница уровней между МО и шлюпочной палубой (жилыми и общественными помещениями) по высоте превышает 10 м, для перемещения экипажа предусмотрен лифт грузоподъемностью до 3 чел.

Для погрузки-выгрузки автотехники с главной палубы на нижнюю и на верхнюю палубу предусмотрен грузовой двухъярусный лифт грузоподъемностью 55 т длиной 17,40 м.

На судне предусматриваются 2 временные морские эвакуационные системы с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта). Пропускная эвакуационная способность – до 582 чел. за 30 минут. Предусмотрено также средство подъема людей из воды, обслуживаемое СПУ дежурной шлюпки. Место для подъема людей при срочной эвакуации вертолетом предусмотрено на открытой площадке палубы второго яруса надстройкой.

Деление судна на отсеки удовлетворяет современным требованиям к непотопляемости пассажирских судов. Для

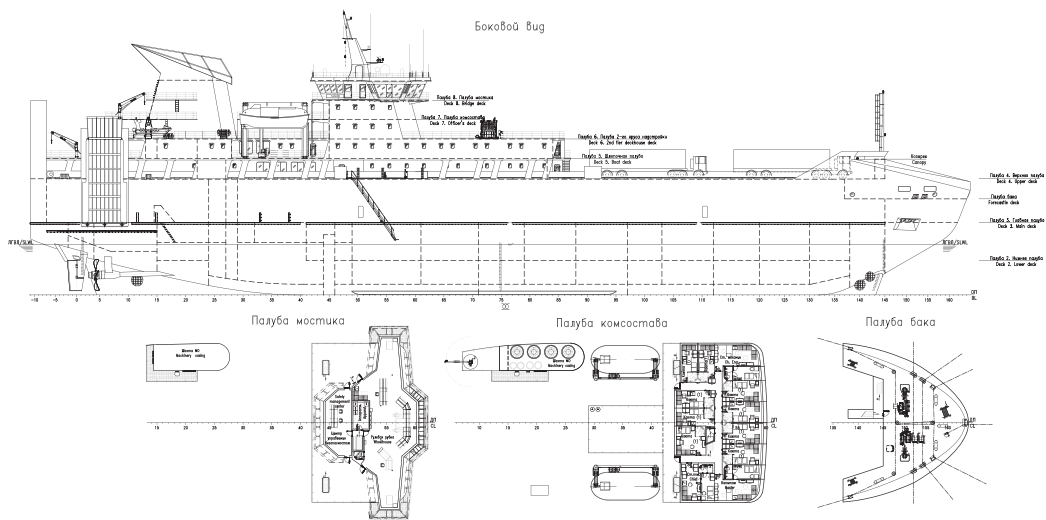


Рис. 5. Общее расположение железнодорожного парома пр. CNF11CPD (лист 1)

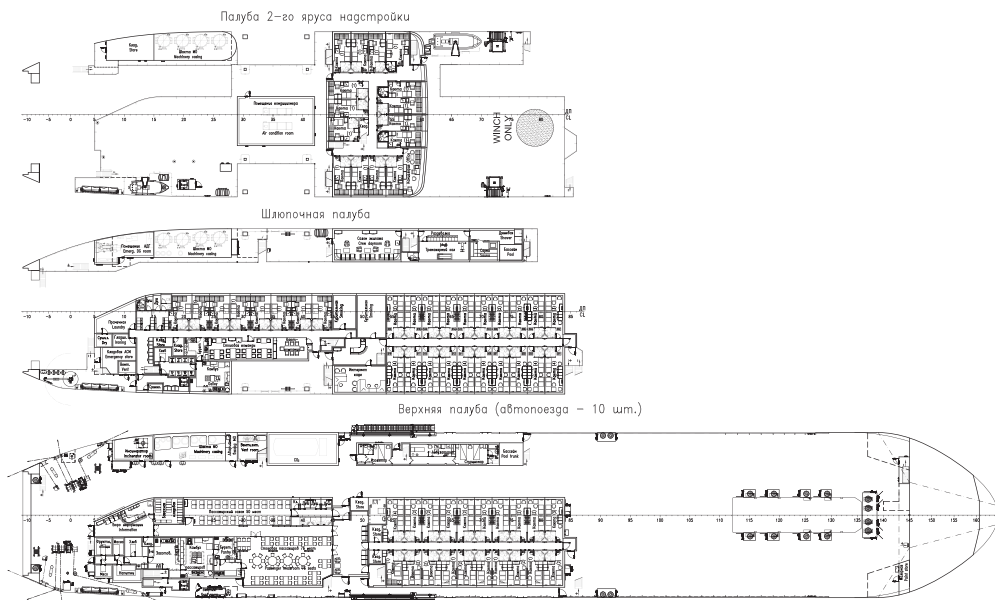


Рис. 6. Общее расположение железнодорожного парома пр. CNF11CPD (лист 2)

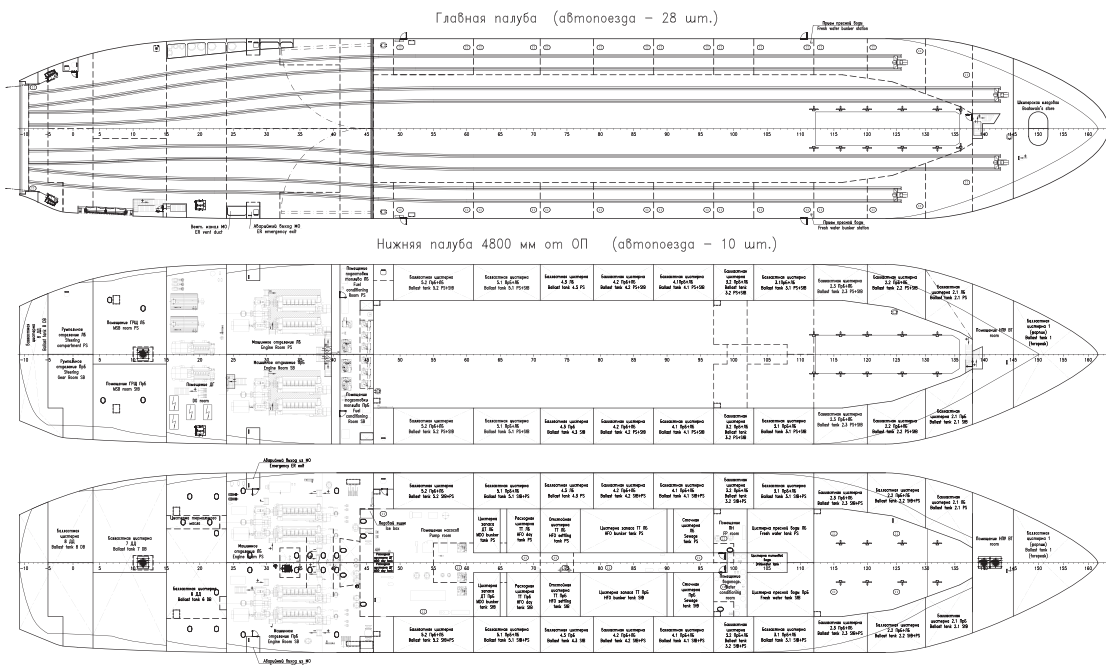


Рис. 7. Общее расположение железнодорожного парома пр. CNF11CPD (лист 3)

Таблица 3
Основные характеристики автомобильно-железнодорожного парома пр. CNF11CPD

Характеристика (параметр)	Величина
Главные размерения: длина макс., м	131,00
длина по КВЛ, м	124,02
ширина габаритная (с учетом привальных брусьев), м	22,60
ширина, м	22,20
высота борта до главной палубы, м	10,10
высота борта до верхней палубы, м	16,15
Осадка по КВЛ (проектная), м	7,00
Дедвейт (около), т	6420
Число грузовых палуб	3
Протяженность рельсовых путей (главная палуба), м	440
Грузовместимость судна по железнодорожным составам: жд цистерны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 12020 мм (4-осные), шт.	30
полувагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 13920 мм (4-осные), шт.	24
грузовые вагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 14730 мм (4-осные), шт.	24
Протяженность полос для автотехники, м	1036
Грузовместимость судна по автомобильной технике: грузовой автомобиль с полуприцепом длиной 12–13,5 м (автопоезд) без перевозки ж/д вагонов на главной палубе, шт.	48
грузовой автомобиль с полуприцепом длиной 12–13,5 м (автопоезд) при перевозке вагонов на главной палубе, шт.	15
легковой автомобиль (дополнительно), шт.	28
Грузовой лифт, число/грузоподъемность, т	1×55
Бортовая аппарель (ПрБ), L×B, м	14,7×4,4
Пассажировместимость судна, чел.	150
Число пассажирских мест: в улучшенных одноместных каютах с санузлом	5
в двухместных каютах с санузлом	42
в трехместных каютах с санузлом	9
в четырехместных каютах с санузлом	44
в креслах салона	50
Ресторан, число мест	76
Помещения для отдыха пассажиров	Салоны в составе пассажирских вестибюлей, интернет-кафе
Дополнительные помещения для обслуживания пассажиров	Багажная кладовая, блок душевых и WC, WC для людей с ограниченными возможностями
Спортивно-оздоровительный комплекс	Тренажерный зал, сауна с бассейном
Пассажирский лифт	1×4 чел.
Численность экипажа и обслуживающего персонала, чел.	35
Класс Российского морского регистра судоходства	КМ ★ Arc5 AUT-1-ICS OMBO ANTI-ICE ECO Ro-ro passenger ship
Мощность ГД, кВт	4 × 4640
Винторулевой комплекс	2×ВРШ +2 полуподвесных полубалансирных руля
Носовое подруливающее устройство, кВт	2×500
Кормовое подруливающее устройство, кВт	1×500
Вспомогательная энергетическая установка / АДГ, кВт	3×760 / 1×100
Скорость полного хода, уз	18,0
Скорость эконом. хода, уз	12,0
Ледопроходимость при осадке 7,0 м	Не менее 3,0 уз в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6–8 уз во льду толщиной до 80 см
Спасательные моторные шлюпки	2×100 чел. + 2 дежурные
Эвакуационные системы с надувными спасательными плотами	4×100 чел.
Спасательные сбрасываемые плоты	2×35 чел.

обеспечения деления на два водонепроницаемых отсека грузового пространства на главной палубе предусмотрено двухстворчатое водонепроницаемое закрытие.

Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин» (пр. 1809) с новым паромом пр. CNF11CPD приведены в табл. 4.

Таблица 4
Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин» (пр. 1809) с новым паромом пр. CNF11CPD

Характеристика	«Сахалин» пр. 1809	Паром пр. CNF11CPD
Длина габаритная, м	127,30	131,00
Ширина габаритная, м	20,32	22,60
Ширина расчетная, м	19,80	22,20
Высота борта до ГП, м	8,80	10,10
Высота борта до ВП, м	14,70	16,15
Осадка, м	6,00-6,60	6,00-7,00
Мощность ГД, кВт	6×1910	4×4640
Скорость макс., уз	16,0	18,0
Район плавания по мореходности	Ограниченный R1	Неограниченный
Ледопроходимость	Не регламентирована	Со скоростью не менее 3,0 уз в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6–8 уз во льду толщиной до 80 см
Протяженность рельсовых путей, м	420	440
Протяженность полос для автотехники, м	394	1036
Количество пассажиров, чел.: каютных салонных	82 38	100 50

ЛИТЕРАТУРА

1. Рачков А.С., Бубнов К.П., Евстифеев В.А. Морской паром Сахалин // Судостроение. – 1972. – №6 (415). – С. 3–7.
2. Мытник Н.А., Бурменский А.Д. Кораблестроение Комсомольска-на-Амуре – освоению Сахалина. – Мореходство и морские науки – 2008: Избр. докл. 1-й Сахалинской региональной морской науч.-техн. конфер. (12 февраля 2008 г.) / Под ред. В.Н. Храмушина. – Южно-Сахалинск. – СаХГУ, 2008.
3. Ермакова Е. Нет паромов? Будет мост! // Морские порты. – 2010. – №10 (91). – С. 54–57.
4. Исследование ходовых качеств морского паромов / Digital Marine Technology. – Техн. отчет DMT–13–003, Одесса, 2013.
5. Исследование мореходных качеств автомобильно-железнодорожного паромов // ФГУП «Крыловский государственный научный центр». – Научно-технический отчет, 2013, вып. 47198.
6. Модельные испытания автомобильно-железнодорожных паромов на чистой воде и в ледовых условиях / ФГУП «Крыловский государственный научный центр». – Научно-технический отчет, 2013, вып. 47189.
7. Model Test in Ice of a double-acting Ferry. – AARC Report A–487, 2013. ■

Продолжение следует

За последние годы объемы производства судостроительной промышленности России заметно выросли, тенденция к росту продолжается, и, по мнению большинства экспертов, в ближайшие годы, он будет еще более значительным. Причины прогнозируемого роста объясняются несколькими факторами, свидетельствующими о существенном внимании государства к отрасли.

Во-первых, в последнее время стала более отчетливо формироваться программа строительства как военных кораблей, так и гражданских судов, предназначенных для решения задач государственной важности.

Во-вторых, Росрыболовством РФ подготовлены и должны быть приняты в ближайшее время поправки в закон «О рыболовстве», стимулирующие строительство новых промысловых судов путем предоставления инвестиционных квот на вылов – «квоты под киль», что уже побудило промысловые компании к заказу новых судов.

В-третьих, Мипромторгом подготовлено и должно быть принято постановление Правительства РФ «Об утверждении правил предоставления субсидий из федерального бюджета на возмещение части затрат на приобретение путем строительства новых гражданских судов на российских верфях взамен судов, сданных на утилизацию, в рамках подпрограммы «Государственная поддержка» Государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы», что также должно привести к увеличению количества заказов на суда от российских судоходных компаний.

В-четвертых, политика санкций, принятая рядом западных стран, а также снижение курса рубля подтолкнули всех нас к локализации производства судового оборудования на российских предприятиях и на замещение большей номенклатуры оборудования, комплектующих и материалов, ранее поставляемых по импорту. В большинстве случаев производимая на отечественных предприятиях продукция для судостроения конкурентоспособна по цене и не уступает по качеству лучшим мировым аналогам.

Эти реальные и эффективные инструменты государственной поддержки обеспечат занятость судостроителей на ближайшие годы. Уже сейчас многие российские компании имеют действующие контракты на строительство судов, а на некоторых предприятиях производственная программа сформирована на три-четыре года вперед.

Сейчас перед российским судостроением стоят сложные задачи, связанные как с дальнейшей модернизацией уста-

ШКОЛЫ СОЗДАНИЯ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ - НАИБОЛЕЕ ВОСТРЕБОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

*А.С. Соловьев, ген. директор ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
председатель Союза машиностроителей Ленинградской области,
Г.В. Тарица, канд. техн. наук, руководитель проектов развития
ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. (813 78) 264 32, 286 86*

ревших производственных мощностей и улучшением систем управления предприятий отрасли, так и с обеспечением полной и эффективной загрузки персонала и мощностей за счет выполнения заказов внутреннего рынка, а также поиска работ на внешних рынках.

Множество «экспертов» на протяжении многих лет уверяют всех в том, что отечественное судостроение безнадежно отстает от судостроения мировых лидеров по производительности труда, срокам и стоимости строительства судов и даже по их качеству. Мы считаем, что такие выводы делаются на основе поверхностных знаний о реальной ситуации и являются весьма спорными. Очень часто наше отставание объясняют отсутствием передовых технологий. Особенно «режет слух», когда такие оценки даются представителями ведущих институтов судостроительной науки, основная деятельность которых и должна быть направлена на выявление системных узких мест на всех стадиях жизненного цикла морской техники, выработку рекомендаций по их устранению, разработку и внедрение передовых производственных технологий и технологий управления процессами. Возможно, наши научные институты проводят такие работы, однако мы, судостроители, с такими трудами не имеем возможности ознакомиться, тем более применять их для улучшения своей деятельности. В основном по этой причине каждое предприятие занимается поиском путей улучшения эффективности своей деятельности индивидуально при наличии производственной программы, в пределах компетентности собственных служб и специалистов. В лучших условиях находятся предприятия, входящие в ОСК. В рамках корпорации запущены и с разным успехом реализуется ряд проектов развития и внедрения современных технологий управления судостроительными процессами (управление проектами, бережливое производство, управление знаниями). Корпорация в целом и все дочерние

общества имеют разработанные и утвержденные «Планы инновационного развития», которыми руководствуются в ходе модернизации технологических мощностей, методов управления производственными процессами, подготовки кадров и повышения квалификации. На уровне корпорации этими вопросами занимаются специалисты, имеющие положительный опыт их решения на машиностроительных и авиационных предприятиях. Предлагаемые приемы являются классическими, но, к сожалению, не учитывают некоторые особенности судостроения ввиду отсутствия полноценного системного анализа достижений и проблем настоящего времени. В этой статье мы хотим поделиться опытом работы нашего завода и предложить некоторые возможные решения.

В процессе строительства серии ледоколов пр. 21900 М завод столкнулся с множеством проблем как на стадии разработки проекта и подготовки производства, так и на других стадиях; закупки, строительства и сдачи судна заказчику. Конечно, все эти проблемы были решены и суда были построены. Часть проблем, в основном относящихся к деятельности специалистов нашего предприятия, была систематизирована, анализирована и были приняты определенные решения во избежание повторения таких случаев в последующей работе над другими проектами. Однако системная и полноценная оценка проекта в целом – от контракта до сдачи судна заказчику – до настоящего времени не проводилась из-за недостаточности времени и компетенции специалистов завода. Привлечение проектантов и научных организаций к более глубокому анализу этих проблем и формированию мероприятий для их исключения в дальнейшем требовали дополнительных финансовых затрат, которые не были предусмотрены в проекте. Отсутствие такой оценки не позволило нам принять систему должных мер, и при проектировании, подготовке производства и строительстве новой серии

ледоколов для ПАО «Газпром нефть» и ФГУП «Атомфлот» подобные проблемы возникают вновь и вновь.

По нашей оценке, источниками таких проблем в основном являются:

- отсутствие методических рекомендаций по проектированию судов определенного типа, и в целом, и отдельных частей, определяющих принципы принятия решений и критерии оценки принятого решения, создающие так называемую школу проектирования типа судов;
- полностью отсутствующая или морально устаревшая нормативная документация;
- отсутствие актуальных отраслевых альбомов или каталогов типовых конструктивных решений (РАТК), которые раньше разрабатывались и широко применялись при проектировании судов и кораблей, а технологии заводов разрабатывались с их учетом;
- отсутствие или непригодность существующих стандартов документации верфи для современного проектирования в САД/САМ/САЕ системах, что порождает значительные траты времени на начальное согласование видов информации и документации, передаваемой от проектантов заводу-строителю;
- отсутствие типовых технологий, готовых к применению при необходимости освоения производства судов и кораблей новых типов;
- отсутствие полноценных профессиональных и образовательных стандартов, недостаточно сильная подготовка кадров в вузах, а также весьма слабые курсы повышения квалификации.

Существуют и другие источники проблем.

Мы считаем, что полноценное решение этих проблем невозможно усилиями одного предприятия вследствие отсутствия достаточных людских и финансовых ресурсов, однако ОСК или отрасли в целом это вполне по силам.

В течение последних 10 лет необходимость развития потенциала российского судостроения обусловила разработку и реализацию целого ряда федеральных целевых программ (ФЦП), направленных на создание научного и технологического задела в отрасли, с целью строительства современных кораблей, судов и другой морской техники.

К наиболее значимым программам относятся:

- ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2007–2010 годы и на период до 2015 года» (ФЦП ОПК) и ее продолжение – ФЦП № 1;

- ФЦП «Национальная технологическая база» на 2007–2011 годы (ФЦП НТБ);
- ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ);
- ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы (ФЦП РГМТ).

Известно, все перечисленные программы финансировались в полном объеме. Объем финансирования, по нашему мнению, был огромный и вполне сопоставимый с объемами финансирования основной судостроительной деятельности всей отрасли, по крайней мере, в сфере производства гражданской морской техники.

По доступным отчетам, в результате реализации вышеперечисленных программ был создан мощный научно-технологический задел. В частности, по ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы разработано более 1300 технологий, получено более 900 патентов. По ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2007–2010 годы и на период до 2015 года» получено около 200 уникальных результатов интеллектуальной деятельности, по ФЦП № 1 – более 700, по ФЦП НТБ – около 400.

Лидирующая роль в формировании практически всех программ и определении тематики разработок была делегирована ведущим отраслевым научным организациям. Как следствие, при реализации программ в создании вышеперечисленного научно-технологического задела участвовали в основном ведущие научные организации отрасли (ФГУП «Крыловский ГНТЦ», ОАО ЦТСС, АО «ЦНИИ «Курс», ФГУП «ЦНИИ «Центр», ОА «ЦНИИМФ» и др.) и лишь в незначительной части из этих работ и на незначительных ролях участвовали судостроительные компании и проектные организации.

К нашему большому сожалению, ни мы, ни многие другие судостроительные предприятия отрасли в техническом, технологическом, организационном и познавательном аспекте ничего от этих разработок не получили. Несмотря на громкие отчеты, все «глубоко научные» разработки не нашли и не находят применения в практическом судостроении. Особо надо отметить, что очень трудно или практически невозможно ознакомиться с содержанием этих разработок, даже с теми, которые имеют, судя по названию, прямое предназначение для всех судостроительных предприятий. Тем более нет смысла говорить о внедрении разработанных технологий или применении разрабо-

танных концептуальных и технических проектов судов и другой морской техники на предприятиях.

Судостроение – это совокупность простых и сложных процессов, происходящих одновременно или последовательно, в результате выполнения которых во времени и пространстве создается конечная морская техника. Очевидно, что для объединения всех усилий участников на достижение конечной цели – создание морской техники, требуются высокий профессионализм и умение, которые обретаются за счет большого объема знаний и опыта. Само название «технология» произошло от сочетания двух греческих слов – «техно», что означает мастерство, умение, ремесло и «логос», что означает понятие, учение, наука. Следовательно, «судостроительная технология» – наука о мастерстве в строительстве судов.

В быту при разговоре о людях, достигающих высоких результатов своей деятельности на протяжении многих лет, мы часто говорим о созданной школе такой деятельности, таких, как школа русского балета, школа хоккея, научная школа и т. д. Суть этих школ, по нашему мнению, заключается в использовании собранного огромного объема знаний, навыков, правил и методов взаимодействия, накопленных и систематизированных годами. Люди, прошедшие такие школы, всегда добиваются успеха.

Такая деятельность, как создание морской техники, – процесс сложный, длительный и требующий высоких компетенций от всех участников процесса. Недостаток компетенции или плохое взаимодействие между специалистами обрекает на провал эффективность всей совместной работы, и достижение хорошего результата становится проблематичным. Одним из возможных решений, направленных на повышение конкурентоспособности отечественного судостроения, должно стать формирование «школ создания морской техники», охватывающих деятельность в рамках всего жизненного цикла морской техники, от замысла до утилизации.

«Выборгский судостроительный завод» не является научной организацией, но имеет достаточно большой опыт эффективного строительства морской техники разного назначения, высокой технической сложности и готов участвовать в формировании систем знаний и данных, которые могут послужить основой для создания интеллектуального и компетентного информационного пространства в ОСК и отрасли.

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации, накопленный ПАО «Выборгский судостроительный завод», совместно с проектантами, поставщиками оборудования и судовладельцами в

процессе строительства и эксплуатации ледокольных судов может быть систематизирован в систему знаний, сейчас и в дальнейшем авторизованно доступной для всей судостроительной общественности (научных институтов, проектантов, судостроителей, РМРС и судовладельцев). Такая система знаний или так называемая школа проектирования и строительства ледоколов может быть создана в рамках государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы». Именно такие разработки, а не концептуальные проекты виртуальных судов «нового облика», имеют ценность для современного и для будущих поколений исследователей, проектантов и судостроителей. АО «ОСК» должно стать постановщиком такой задачи на рабочих группах и НКС при реализации этой государственной программы.

Так же как к школе проектирования и строительства ледоколов, можно подходить к школе проектирования и строительства рыбопромысловых судов. В период переговоров с заказчиками рыбопромысловых судов на нашем заводе мы обсуждали вопрос разработки концептуального и технического проекта. По их информации, заказчики рассматривали практически все проекты промысловых судов, разработанные в рамках ФЦП «РГМТ» и, по их мнению, они очень низкого качества, поэтому их использование для строительства судов практически невозможно. На настоящий момент наш завод заключил контракт на строительство двух серий промысловых судов, и в обоих случаях заказчики настояли на применении проектов норвежской компании, так как в ходе предшествующих переговоров со всеми российскими разработчиками проектов они убедились в отсутствии на настоящий момент достаточной компетенции российских проектантов в этой области.

В период нашей совместной работы с норвежским проектантом, имеющим более чем 30-летний опыт проектирования таких судов и высокую репутацию качества проектов, мы могли бы совместно с российскими контрагентами, систематизировать знания в проектировании и строительстве промысловых судов, тем самым создать собственную школу в этом направлении. Финансовые ресурсы, которые разными темами запрошены по государственной программе РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы» на разработку различного оборудования и различных проектов судов не для конкретных заказчиков, а так, «для задела», следует направлять на разработку комплексных

систем технологий, накопление знаний и компетенций для создания новой морской техники.

Мы считаем, что подобные школы позволят нашему судостроению в обозримом будущем выходить на уровень конкурентоспособности с ведущими мировыми лидерами. Эти школы должны иметь, по крайней мере, компетенции:

- разработка концепции, функциональной модели и формирование пакета решающих требований к морской технике;
- разработка проектной документации и производственной информации;
- материально-техническое обеспечение процессов строительства;
- производственные технологии, планирование и управление процессами;
- эксплуатация, техническое обслуживание и мониторинг режимов работы морской техники;
- подготовка кадров для всех этапов жизненного цикла морской техники.

Раскроем более детально суть каждого этапа и, по возможности, дадим краткие пояснения.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ, ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ И ФОРМИРОВАНИЕ ПАКЕТА РЕШАЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ К МОРСКОЙ ТЕХНИКЕ

Начальной стадией жизненного цикла морской техники является концептуальное изложение замысла, определение основных функций, облика, основных технических и эксплуатационных параметров, необходимых для решения конкретных задач. Лишь незначительная часть строящейся морской техники уникальна и не имеет аналогов. Большая ее часть создается на базе аналогичной техники или на базе сочетания известных технических решений с учетом опыта эксплуатации аналогов, условий эксплуатации, а также достижений науки и техники на данный момент.

Очень важно на этом этапе сформировать четкое видение конечного продукта – морской техники, а также его компонентов и особенностей, что должно быть отражено в пакете контрактной документации на строительство. С одной стороны, это важно для заказчика, который должен четко знать, какую технику он получит от строителя и может планировать свою деятельность, а с другой стороны – это важно для судостроительной компании, которая может спланировать процессы строительства и затраты. Использование типовых шаблонов функциональных моделей различной морской техники позволили бы компетентно оценить на контрактной стадии полноту информации о характеристиках и функциях и фиксировать одинаковое понимание между заказчи-

ком и строителем, что исключило бы различные споры и трактовки в период строительства.

Требования к морской технике определяются условиями контракта на строительство, контрактной спецификацией, требованиями правил классификационного общества и других надзорных органов, по которым должна строиться техника, требованиями правил международных организаций, государственных, отраслевых и других стандартов. Собранные в единый пакет эти требования представляют огромный массив информации. Своевременная полноценная обработка и учет этой информации при проектировании и строительстве морской техники является реальной проблемой, а при недостаточно полном ее решении это приводит к множеству изменений в процессе проектирования и строительства, а следовательно, к увеличению сроков строительства и дополнительным затратам. Разработка и применение программного обеспечения в виде экспертных систем позволили бы формировать оперативно полноценный пакет требований для конкретной морской техники, обеспечили бы своевременный и полный учет этих требований и сократили бы значительно сроки и затраты на проектирование и строительство. Разработка и применение экспертных систем решающих требований – задача первостепенной важности для всех участников создания морской техники.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Качество построенного судна зависит от принятых проектантом технических решений, качества выбранных материалов, комплектующих и оборудования, а также от качества выполненных сборочных и монтажных работ. На протяжении многих лет проектанты и заводы-строители ищут пути оптимального взаимодействия для достижения успеха, и, как показывает опыт, такой успех может быть достигнут только совместными усилиями.

Судостроение – это производство с очень сложной структурой продукции и сложными технологическими процессами. Проектно-конструкторская документация на морскую технику содержит тысячи документов, которые отражают лишь состав этой продукции. Также значительными по объему является технологическая документация, производная от конструкторской, и документация для планирования и управления производством, производная от обеих предыдущих.

Вся документация содержит огромный объем данных по оборудованию,

комплектующим, узлам, деталям, материалам, технологическим процессам и процедурам и представляет собой массив из сотни тысяч позиций, динамически изменяющийся в ходе строительства судна. Для эффективного управления затратами и процессом его строительства вся эта информация должна быть всегда доступной, достоверной и актуальной. Создание таких условий в настоящее время возможно только при использовании компьютерных технологий и выпуске конструкторской документации в электронном виде.

Современные средства проектирования позволяют получать на выходе не только проектную документацию в виде чертежей и спецификаций, но и достаточно большой массив информации, который может и должен быть использован для технологической подготовки производства, а также для управления затратами и производственными процессами. Современные средства коммуникаций позволяют и передачу данных любых объемов в кратчайшие сроки, и даже совместную работу проектанта и служб завода-строителя в едином информационном пространстве.

Уже достаточно давно проектанты стали передавать на верфь не только проектно-конструкторскую документацию, но и транспортные массивы разного объема и содержания в виде файлов баз данных или в других видах. Дальнейшая эффективность обработки таких данных во многом зависит от качества данных в транспортных массивах, их полноты и однозначности. Транспортные массивы, требующие дополнительной обработки или доработки данных до загрузки в информационную систему верфи, имеют очень низкую эффективность использования. Такая процедура загрузки данных имеет смысл только для начального ввода информации в базу данных верфи и практически неэффективна при внесении изменений в конструкторскую документацию и, соответственно, в информационную среду завода. Ручная корректировка информации, связанная с изменениями в проекте трудоемка, а вероятность ошибок высока.

Передача информации от проектанта верфи наиболее эффективна, когда она однозначна и актуальна в любой момент и проектирование ведется в единой модели, общей для проектанта и верфи, когда вся информация генерируется из модели. Любые изменения в проекте при их реализации в модели автоматически меняют данные в информационной среде завода, вызывая необходимость внесения изменений, аннулирования или добавления позиций.

Работа с достоверной и своевременной информацией позволяет верфи эффективно планировать закупки и загруз-

ку производственных мощностей, что в результате сокращает сроки и стоимость строительства, однако для этого необходимо внести также изменения в деятельность подразделений верфи, в процессы закупок, технологической подготовки и управления производством.

Наибольший эффект в оптимизации затрат и сроков строительства можно достичь тогда, когда принимаемые проектантом технические решения вписываются в принятые организационные и технологические ограничения и предпочтения верфи. Для этого верфь должна снабдить проектанта информацией обо всех технологических преимуществах и ограничениях, принятой стратегии строительства и применяемых типовых технологиях, ограничительных и предпочтительных перечнях материалов и комплектующих, привилегированных поставщиках. Применение в проекте типовых технических решений, максимально адаптированных к применению отработанных типовых технологий, обеспечит максимальный уровень качества работ верфи. Все ограничительные и предпочтительные перечни, виды и содержание документации и информационных массивов, стратегия строительства и типовые технологии должны быть отражены в стандартах предприятия или в отраслевых стандартах.

Современный уровень развития технических средств и технологий, а также систем проектирования и управления производством позволяют организовать процессы проектирования, комплектации и строительства судов в единый интегрированный процесс, вышеизложенные преимущества которого повышают уровень конкурентоспособности коммерческого судостроения. Разработка и внедрение корпоративных стандартов на типовые конструктивные решения, виды документации и массивов данных, а также на процедуры взаимодействия между проектными организациями и технологическими службами судостроительных предприятий являются очень востребованными.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Материально-техническое снабжение процессов строительства морской техники должно осуществляться в требуемые графиками строительства сроки и в соответствии с приоритетными параметрами, определяемыми для выбора материалов и оборудования.

Чаще всего при выборе оборудования, комплектующих и материалов для строительства морской техники рассматривают три группы параметров: технические, технологические и экономические. При этом для достижения

наивысшего уровня эффективности на всех этапах жизненного цикла необходимо учитывать те показатели качества продукции, которые более всего влияют на характеристики и качество морской техники, а также на себестоимость и сроки строительства.

К *техническим параметрам* относят функциональные параметры, определяющие назначение, функции продукции, эффективность и конструктивные параметры, характеризующие форму, габариты, вес и другие особенности.

Технологические параметры учитывают влияние на процесс производства и на особенности эксплуатации. Производственные технологические показатели определяются в значительной степени конструктивной преемственностью, которая зависит от уровня унификации, стандартизации и нормализации конструкций. Большое значение для показателя технологичности имеет также годность к применению той или иной технологии сборки и монтажа, сборки в узлах, агрегатах, отсеках и интегрированных системах. Показатели технологичности изделий в процессе их эксплуатации и ремонта характеризуются рядом специфических показателей: кратность ресурсов, степень доступности к агрегатам и узлам, сложность их разборки и сборки и т. д. Параметры технологичности существенно влияют на экономические параметры продукции. Их совершенствование позволяет значительно повысить производительность труда, снизить продолжительность и себестоимость работ при производстве, ремонте и обслуживании в процессе эксплуатации.

Экономические параметры (стоимостные, трудовые и временные) определяют интегральную величину потребных материальных, трудовых и финансовых ресурсов и лежат в основе формирования критерия оценки технико-экономической эффективности.

Создание баз данных материалов, комплектующих и оборудования для строительства морской техники с указанием технических, технологических и экономических параметров позволило бы значительно сокращать сроки закупок компаний и снижать затраты на строительство морской техники.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

Судостроительные предприятия России имеют разную историю. В советские времена технологическая оснащенность определялась на основе специализации под долгосрочные программы строительства морской техники определенного типа. В 90-х и в начале 2000-х гг. значительных изменений в технологической оснащенности, за ред-

ким исключением, не происходило. На многих предприятиях частичную модернизацию производственных мощностей стали проводить 10–15 лет назад. Чаще всего необходимость модернизации была обоснована полным несоответствием существующих технологий современным требованиям к качеству или физическим устарением оборудования и непригодностью к эксплуатации. На большинстве судостроительных предприятий было модернизировано оборудование заготовительного производства, сварочное оборудование и частично крановое оборудование. На некоторых предприятиях были внедрены автоматизированные линии сборки корпусных конструкций и камеры очистки и окраски секций. На многих предприятиях были ликвидированы непрофильные производства (литейное, кузнечное, мебельное производство, электромонтаж, достроечное производство, гальваника) и отданы на аутсорсинг.

Проведенная частичная модернизация предприятий не привела к сбалансировке производства в целом. На многих предприятиях ощущается нехватка производственных площадей под сборку, сварку и насыщение конструкций и одновременно избыточность мощностей по отдельным производствам.

Для эффективного строительства морской техники высокой технической сложности требуется комплексная модернизация мощностей предприятий, предусматривающая использование высокопроизводительного технологического оборудования с высокой степенью автоматизации, а также организация оптимальной логистики материальных потоков в процессе производства.

Планирование и управление производственными процессами должно осуществляться современными компьютерными системами, использующими напрямую проектную и технологическую информацию и создающие единую информационную среду предприятия.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Временной период эксплуатации морской техники зависит как от ее технического уровня и качества, так и от соблюдения условий эксплуатации, грамотного и своевременного технического обслуживания. Современная морская техника – это уникальные, инновационные, технически насыщенные объекты, эксплуатация и техническое обслуживание которых проводится десятками, а иногда и сотнями специалистов. Эксплуатация такой техники представляется неэффективной, а иногда невозможной без использования сов-

ременных систем логистической поддержки и без специальной подготовки экипажей на бортовых или береговых тренажерах. Существует достаточный опыт организации логистической поддержки изделий машиностроения и авиации, однако для морской техники такие решения пока еще очень редко применяются.

В результате эксплуатации морской техники можно оценить качество его проектирования и строительства, с одной стороны, а с другой стороны – реальные условия эксплуатации, реальные режимы работы, нагрузки и определить требования к новой морской технике, которые должны быть достаточными для ее безопасной эксплуатации, но не избыточными. В настоящее время в связи с чрезвычайно тяжелыми условиями эксплуатации морской техники в арктических условиях к ней предъявляются повышенные требования. Ввиду технической сложности, множества факторов, воздействующих на морскую технику в процессе эксплуатации, множество режимов эксплуатации, достоверное полномасштабное численное моделирование реальных условий эксплуатации судового оборудования ледокола и/или судна ледового плавания на сегодня и в ближайшей перспективе не представляется возможным. В таких случаях основой для выработки обоснованных, не избыточных, не противоречивых, экономически целесообразных и технически реализуемых требований должны стать экспериментальные данные, полученные в результате их измерения во время длительной реальной эксплуатации морской техники с помощью бортовых систем мониторинга режимов работы техники. Данные, полученные таким образом, могут стать базой для проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по множеству направлений судостроительной науки.

Наличие штатных бортовых систем мониторинга обеспечит повышение качества эксплуатации и технического обслуживания, возможность перехода к обслуживанию судового оборудования по фактическому состоянию, корректировки режимов эксплуатации морской техники в зависимости от реальных нагрузок, а также обоснованного увеличения периода обязательного освидетельствования морской техники классификационными обществами или другими надзорными органами.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ВСЕХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Ввиду высокой сложности морской техники на всех этапах ее создания и эксплуатации требуются специалисты

высокой квалификации, а часто и с особой специальной подготовкой.

Специалисты, работающие в технических отделах судовладельцев, классификационных обществах, научных и проектно-конструкторских организациях, технических службах судостроительных предприятий и на борту морской техники, должны обладать большим объемом инженерных знаний как общего технического, так и узкоспециализированного характера. Как правило, все эти специалисты должны иметь высшее техническое образование, а порой и специальную многоуровневую подготовку. Применение высокопроизводительных технологий с числовым программным управлением, сложного оборудования и методов управления производственными процессами невозможно без наличия большого объема специальных знаний и навыков и у производственных руководителей среднего звена – мастеров, начальников участков и цехов, и у рабочих, участвующих в таких сложных процессах.

В настоящее время при участии Национального совета по профессиональным квалификациям при Президенте РФ и отраслевых советов, разрабатываются и внедряются профессиональные стандарты, которые должны детально описывать трудовые функции профессии: кто, что и как должен делать. Вузы и средние технические учебные заведения участвуют в разработке этих стандартов, могут оценивать потребности предприятий и, соответственно, реагировать на них изменением своих учебных программ.

Профессиональные стандарты предназначены для определения требуемых компетенций работников, но на настоящий момент в разрабатываемых стандартах отражен только базовый, минимальный уровень квалификации. Полные требования к квалификации, знаниям и навыкам работников должны быть определены должностными инструкциями с учетом конкретного места работы, технологического процесса и функций морской техники. Подготовка кадров повышенной квалификации должна осуществляться в специальных отделах на предприятиях и учебных центрах, специализирующихся и авторизованных на такую подготовку.

Разработка и внедрение школ создания морской техники как комплексных интеллектуальных систем позволит эффективнее решать следующие задачи:

- обеспечение прорыва в создании и эксплуатации морской техники;
- изменение методов выполнения проектных работ, выигрывая в производительности и качестве;
- значительное сокращение времени рассмотрения и согласования документации надзорными организациями;

- обеспечение оптимального и своевременного материально-технического снабжения;
- оптимизация технологии и производственных мощностей;
- обеспечение судовладельцев информацией об оптимальных режимах эксплуатации;
- осуществление подготовки кадров, соответствующих требованиям проектирования, строительства и эксплуатации современной морской техники.

На протяжении многих лет «Выборгский судостроительный завод» являлся одним из лидеров освоения новых технологий и методов строительства судов, что позволяло и позволяет нам строить ледоколы, буровые платформы и другие сложные суда качественно и в срок. Мы хорошо знаем свои слабые места, уровень собственных компетенций и общий

уровень в отрасли и в промышленности, знаем, какие меры необходимо принять для улучшения ситуации.

ОСК в качестве основной действующей силы в отечественной судостроительной отрасли на основании лучшего отечественного и мирового опыта и практики должна определить основные направления развития судостроения как в технологическом аспекте, так и в аспекте создания компетенций проектирования и организации строительства кораблей, судов и другой морской техники.

Корпорация должна играть основную роль в определении тех задач, которые следует решать за счет государственной помощи, выделяемой в рамках Государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы» и других программ государственной поддержки судостроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития морской деятельности РФ до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 8.12.2010 г. № 2205-р.
2. Государственная программа РФ «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». Утв. распоряжением Правительства РФ от 24.12.2012 г. № 2514-р.
3. Глушец В. А., Рунтель А. А., Сухарев Р. Ю. Интегрированные системы проектирования и управления: Учеб. пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 153 с.
4. Лазарева Т. Я., Мартымянов Ю. Ф., Схиртладзе А. Г. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 172 с.
5. ГОСТ Р 53393–2009: Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
6. ГОСТ Р 53394–2009: Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. ■

Автором на страницах «Морского вестника» [1], уже поднимался вопрос о применении понятий организационно-управленческих дисциплин для исследования процессов управления жизненным циклом (ЖЦ) морской техники (МТ). Однако проблемы проектирования бизнес-процессов судостроительного производства за последний период обострились и требуют методологической основы для их разрешения. Интенсивность разработки методологии управления и совершенствования организации производства выражается в количестве международных стандартов, часть которых русифицируется при совершенствовании процессов организации и управления производственных комплексов.

В РФ также наблюдается интенсивная разработка научно-технической документации, однако необходимость развития методической базы, по повышению эффективности управления верфью с учетом сложности производимой МТ, диктуется следующими основными факторами:

- Произошла смена методов управления верфи, от централизованной к частногосударственной.
- Расширены возможности применения средств вычислительной техники.
- Выдвинуты обоснованные требования заказчика к интегрированному процессу создания и технического обслуживания МТ на ее полном ЖЦ для обеспечения заданной функциональности судовых конструкций и систем, заложенной проектантом.

Действующее представление в отрасли об информационном взаимодействии компонентов компьютерноинтегрированного производства и непрерывной информационной поддержки процессов ЖЦ изделий, представлено на рис. 1.

РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ, ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

А.Е. Богданов, канд. техн. наук, докторант, зам. ген. директора ООО «ЦБР «Галактика», контакт. тел. +7 (921) 953 3168

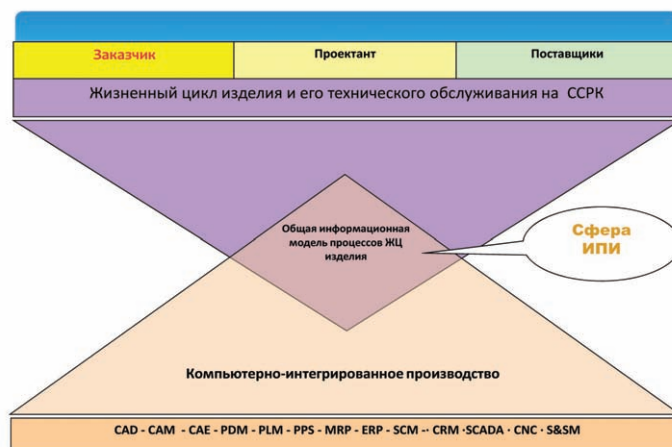


Рис. 1. Соотношение компьютерно-интегрированного производства и непрерывной информационной поддержки процессов ЖЦ изделий

На схеме выделены: сверху – действующие субъекты управления (Заказчик, Проектант, Поставщики, судостроительный/судоремонтный комплекс (ССРК), которые взаимодействуют при создании процессов технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) МТ, в нижней строке

отражен по принятый в международной терминологии инструментарий представления моделей объекта и субъекта управления в применяемых информационных системах управления.

Пересечение этих массивов (вершин треугольников) представляет область

Сопоставление понятий организационно-управленческой дисциплины и технологии по границам их применения

Организационно-управленческая дисциплина	Организационно-управленческая технология
Предметная область применения:	Последовательность применения:
<ul style="list-style-type: none"> • организационных мер: <ul style="list-style-type: none"> • разработки методов управления • изменениями объекта процесса: <ul style="list-style-type: none"> • при интеграции: • представлений объекта для достижения заданной функциональности процессов, • регулирования взаимосвязи с субъектом управления, • на соответствие установленным требованиям 	<ul style="list-style-type: none"> • организационных мер: <ul style="list-style-type: none"> • управления выполнением регламентов • изменения объекта процесса <ul style="list-style-type: none"> • путем привлечения ресурсов функциональным субъектом управления для реализации бизнес-процесса, • на соответствие требований заказчика с номинальным качеством, обусловленным текущим развитие науки, техники, компетенции персонала

информационной поддержки изделия (ИПИ) как совокупность инвариантных процессов, управленческих технологий и технологий управления данными, реализуемых в интегрированной информационной среде, объединяющей информационные процессы всех участников ЖЦ изделия – формулировка по ГОСТ Р 53394.

Однако указанные модули автоматизированных систем управления не отражают функциональность объекта управления для МТ, а также судостроительного/судоремонтного комплекса, которые находятся в субъектнообъектном взаимодействии для удовлетворения требований заказчика по срокам выполнения работ, соблюдения ресурсных ограничений и качества производимой продукции.

Важно отметить и правильно использовать два основополагающих определения при исследовании процессов организации и управления судостроительным/судоремонтным производством:

- процесс как частично упорядоченный набор видов деятельности, который может быть выполнен для достижения определенного желаемого результата, установленной цели;
- бизнес-процесс – изменение объекта процесса путем преобразования привлекаемых ресурсов, осуществляемых функциональными субъектами процесса по определённой технологии, с конечной целью создания новой потребительской стоимости или доведение потребительской стоимости до потребителя [2].

Целесообразно ввести понятия – организационно-управленческая дисциплина и организационно-управленческая технология, как предметная область и, соответственно, методы их реализации при совершенствовании управления изменениями процессов функциональности объекта на соответствие требований заказчика.

Организационно-управленческая дисциплина – предметная область применения организационных мер и разработки методов управления изменениями объекта процесса, при интеграции его представлений, для достижения заданной функциональности процессов регулирования взаимосвязи с субъектом управления, на соответствие установленным требованиям.

Организационно-управленческая технология – последовательность применения организационных мер, по управлению выполнением регламентов изменения объекта процесса, путем привлечения ресурсов функциональным субъектом управления, для реализации бизнес-процесса на соответствие требований заказчика с номинальным качеством, обусловленным текущим развитием науки, техники, компетенции персонала.

Указанные понятия для наглядности сопоставлены в табл. 1.

Используя опыт автоматизации судостроительных предприятий, [3] целесообразно выделить этапы развития ЖЦ системы управления в виде базовых организационно-управленческих дисциплин и технологий с учетом уровня зрелости развития систем управления судостроительным комплексом (табл. 2).

Первые три позиции таблицы – это всем известные производственные процессы организации и планирования основного и вспомогательных производств, отражающие достигнутый уровень зрелости управления верфью, а именно:

- метод формирования архитектуры МТ и ССРК;

- технология реализации функциональности объекта МТ и ССРК;
- среда возможности реализации МТ и ССРК, объектом управления.

Четвертая позиция – регламенты осуществления управления для реализации бизнес-процесса функционирования объекта субъектом управления.

Пятая позиция – организационно-управленческие технологии субъекта управления.

Шестая позиция – контроллинг управляющего воздействия субъектом управления через параметры бизнес-процесса. Нижняя строка отражает функциональный результат, как для объектов

Таблица 2

Этапы жизненного цикла системы управления в виде базовых организационно-управленческих дисциплин и технологий

Этапы создания	Базовая организационно-управленческая дисциплина и ОУТ	Типы представлений модели по подсистемам управления верфью		
		организационно-техническая	организационно-экономическая	информационно-управленческая
1	Методология формирования архитектуры объекта/субъекта управления	Изделие	Производственный комплекс	Организационные структуры
2	Технология реализации функциональности объекта по принятой методологии управления	Изделие	Производственный комплекс	Организационные структуры
3	Формирование среды функционирования объекта (концептуальная модель управления)	Изделие	Производственный комплекс	Организационные структуры
4	Реализация бизнес-процесса функционирования субъектом управления	Создание и применение изделия	Реализация изделия в производственной среде верфи и при его эксплуатации, ТО и Р	Воздействие иерархических субъектов управления, задействованных в бизнес-процессах
5	Организационно-управленческие технологии субъекта управления	Реализация бизнес-процессов создания, ТО и Р изделия	Реализация бизнес-процессов функционирования производственного комплекса верфи	Реализации бизнес-процессов менеджментом в действующей организационной структуре
6	Контроллинг управляющего воздействия субъектом управления через параметры бизнес-процесса	Функционирование изделия на соответствие требованиям заказчика	Функционирование производственного комплекса на соответствие бюджетных ограничений	Функционирование субъектов управления для достижения установленных требований заказчика к изделию

управления (МТ и ССРК), так и субъекта управления.

Но на практике теоретические положения субъектно-объектных отношений, для интеграции функционала базовых бизнес-процессов управления верфью, усложняются в силу сложности продукции МТ и её иерархичности, в отличие от производства общего машиностроения или приборостроения. Например, паротурбинная установка корабля (ПТУ) включает 17 уровней входимости комплектующих, для АПЛ в целом – более 30 уровней входимости как комплектующих, так и иерархического состава задач, подлежащих автоматизации по построению иерархической функциональности морской техники.

На рис. 2 представлены уровни зрелости и этапы развития информационных представлений в организации бизнес-процессов создания и эксплуатации МТ в странах НАТО. Здесь представлено, условно в виде фигуры треугольника, развитие возможности комплексной интеграции бизнес-процессов производственного комплекса на базе этапного развития электронного представления данных в организации бизнес-процессов создания и эксплуатации МТ. Развитие и применение организационно-управленческих дисциплин, на базе которых проектируются организационно-управленческие технологии, начинаются с уровня «цифровая информация» в стандартных форматах с разделением содержательной и презентационной частей, вплоть до логически представленной информации, ориентированной на реализацию функциональной совокупности бизнес-процессов для удовлетворения требований заказчика. На уровне бумажной документации организовать и спроектировать автоматизированный бизнес-процесс невозможно. Действия исполнителей при использовании бумажного документооборота определяются только регламентами их реализации в виде реализации требований тарифно-квалификационного справочника или должностной инструкцией.

Проектирование организационно-управленческой технологии должно осуществляться на базе:

- обоснованной логически построенной последовательности решения задач интеграции бизнес-процессов верфи по видам их представлений, при интеграции электронного документооборота (третий уровень предоставления информации, отраженный на рис 2);
- выявления и развития закономерностей взаимодействия селективных представлений моделей объектов управления МТ, судостроительного судоремонтного комплекса (ССРК), субъектами управления на базе общих, логический и прикладных прин-

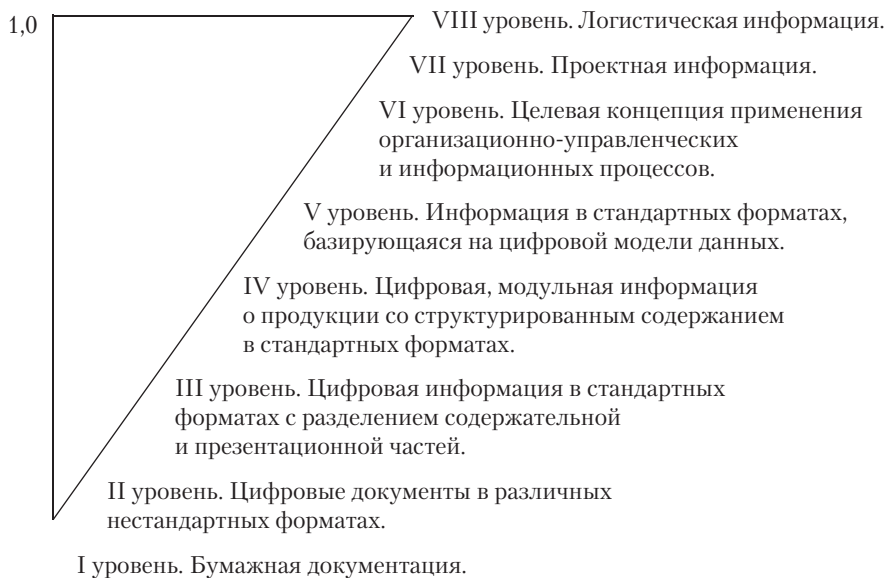


Рис. 2. Уровни зрелости и этапы развития информационных представлений в организации бизнес-процессов создания и эксплуатации МТ в странах НАТО

ципов построения модели управления бизнес-процессами производственного процесса;

- выявления функциональных характеристик видов представлений моделей поведения объектов управления на соответствие требованиям заказчика;
- формирования и апробации принятых концептуальных положений, с разработкой и внедрением технических, технологических и организационных решений, по использованию организационно-управленческих технологий в составе предлагаемых подсистем управления.

Без анализа необходимой достаточности требуемого уровня интеграции электронного документооборота и внутренних систем управления в принятых регламентах корпоративной культуры верфи комплексная автоматизация и построение интегрированной системы управления верфью невозможны.

ВЫВОДЫ:

1. Область применения и развития информационных ресурсов на базе организационно-управленческих технологий и достигнутого уровня зрелости инфраструктуры верфи непосредственным образом связаны с уровнями зрелости организации и культуры производственных отношений по формам их представлений.

2. Важно обозначить предметную область совершенствования бизнес-процессов организационной структуры и соответствующих им моделей автоматизации производственного комплекса верфи по формам и видам их представлений (функциональная, ресурсная, информационная, организационная).

3. Без обоснованной методологии и

формирования адекватной модели сбора, хранения, распространения и повторного использования информационных ресурсов, по видам их представлений, лобные процессы, бизнес-процессы совершенствования систем управления, становятся по своей сути неэффективными.

4. В грубых терминах, когда бизнес-процессы и используемые ими информационные ресурсы соответствующего вида представления, пересекают границы организационной структуры ДЗО, ОАО, отрасли без согласованного взаимодействия по сопряженным форматам представлений, образуются функциональные разрывы. Эффективность и скорость этих процессов диктуются партнером (субъектом управления) с самыми низшими технологическими возможностями, т. е. с использованием бумажного документооборота или другого неструктурированного представления информационных данных. В этом – суть проблемы развития автоматизированных систем управления верфью и повышения конкурентоспособности МТ на базе применения организационно-управленческих технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А.Е. Система организационно-управленческих дисциплин для исследования процессов жизненным циклом морской техники по видам представлений // Морской вестник. – 2014. – № 1. – С. 110.
2. Логинов К.В. Теория и методология процессного управления промышленным предприятием. – Дисс., СПб., 2009.
3. Богданов А.Е. Организационно-управленческие технологии создания и технического обслуживания морской техники. – Доклад на III Международ. науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем». – 2015, СПб., с. 41–48. ■

Одним из основных направлений развития отечественного судостроения и военного кораблестроения является разработка научно-обоснованных проектов реконструкции и технического перевооружения основных предприятий отрасли.

Целями реконструкции судостроительных предприятий являются существенное снижение трудоемкости и сроков постройки кораблей и судов при обеспечении высочайшего уровня надежности выпускаемой продукции.

Как показывает выполненный анализ, первоочередного совершенствования и реконструкции требует судокорпусное производство, составляющее 40% и более от общей трудоемкости постройки кораблей и судов. Характерные особенности судокорпусного производства – высокая стоимость основных фондов, его непосредственное влияние на все другие работы по постройке судна, что диктует необходимость перехода к индустриальным методам производства, выполнению судокорпусных работ при единичной и мелкосерийной постройке методами массового производства. Еще раз подчеркнем, что изготовление узлов и секций корпуса – один из наиболее трудоемких этапов постройки как корпуса корабля, так и корабля в целом. Трудоемкость сборочно-сварочных работ, выполняемых в цехах предварительной сборки, достигает 65% общей трудоемкости сборки и сварки корпуса, а соотношение трудоемкостей изготовления узлов и секций составляет 25%.

К первоочередным задачам реконструкции судокорпусного производства следует отнести:

- увеличение объема переработки стали с использованием автоматизированного компьютерного расчета изготовления деталей и оснастки (в корпусообработывающем производстве);
- повышение эффективности использования производственных площадей и трудовых ресурсов (в сборочно-сварочном производстве);
- сокращение продолжительности стапельного периода и повышение эффективности использования построечных мест, уменьшение объема гидравлических испытаний корпусов на непроницаемость и замена их на воздушные, совершенствование спуска судов с наклонных стапелей (в корпусостроительном производстве) и др.

Не менее важно для судокорпусного производства повышение точности работ, определение взаимосвязанных требований к точности изготовления и установки корпусных конструкций, повышение точности методов и средств измерения.

В данной статье авторы останавливаются только на проблеме повышения эффективности использования производствен-

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУДОКОРПУСНОГО ЦЕХА КАК СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.И. Дорофеев, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ
«Военно-морская академия»,

В.Н. Кляхин, д-р воен. наук, проф., советник
по науке Филиала «НТЦ»,

А.Б. Фомичев, канд. техн. наук, доцент, зам. ген. директора –
ген. конструктора – директор Филиала «НТЦ»,
Концерн «Моринформсистема-Агат»,
контакт. тел. +7(921) 774 6439, +7(921) 741 2800, +7 (926) 238 7838

ных площадей и трудовых ресурсов судокорпусного цеха.

Решить поставленные задачи удастся за счет применения современного высокопроизводительного автоматизированного и роботизированного оборудования и высококонцентрированных источников энергии, включая лазерные и плазменные.

В числе основных организационно-технологическим мероприятий, позволяющих достичь целей реконструкции судостроительных предприятий, следующие:

- освоение технологии изготовления корпусов судов из крупногабаритного металлопроката (листы размером до 3,2×12 или 4,5×16,0 м);
- создание автоматизированного расходного склада стали;
- замена машин тепловой резки с ЧПУ на современные многофункциональные лазерные и плазменные машины, обеспечивающие повышенную точность деталей, а также механизация подачи листов на машины и снятие раскроя;
- гибка листовых деталей с применением ресурсосберегающей технологии мини-силового ротационно-локального деформирования;
- роботизированная обработка профильных деталей;
- изготовление деталей из листов с длиной до 12 м;
- внедрение поточной линии сборки и сварки плоских секций с применением односторонней автоматической сварки полотниц с обратным формированием шва;
- очистка и окраска секций корпусов судов в специализированных камерах, обеспечивающих оптимальный температурный режим, требования экологической и производственной безопасности и др.
- Важнейшим направлением реконструкции судокорпусного производства является внедрение имитацион-

ного или иного моделирования производств, которое позволяет:

- сократить сроки разработки проектов строительства, реконструкции и технологического перевооружения судостроительных и судоремонтных предприятий;
- снизить затраты на разработку проектов;
- оптимизировать состав, технические характеристики и размещение технологического оборудования и схемы металлопотоков, тем самым сократить затраты на техническое перевооружение и реконструкцию предприятий.

Основанием для разработки предложений по реконструкции и технологическому перевооружению судокорпусного производства служат разработка алгоритмов расчета пропускной способности заготовительных, корпусообработывающих и сборочно-сварочных участков и цехов, анализ схем металлопотоков, определение функциональных связей и маршрутов движения изделий между их производственными ячейками, а также разработка пилотных компьютерных программ физико-математического моделирования металлопотоков основных участков заготовительных и сборочно-сварочных участков и цехов.

Для анализируемого производства судостроительного предприятия номенклатура изделий, их массогабаритные характеристики, конструктивные и технологические особенности зависят от выбранного технологического метода постройки судна. Основными технологическими методами постройки судов являются секционный, блочный, модульный и блочно-секционный методы. Выбор организационного метода постройки корпуса корабля или судна зависит от количества кораблей или судов в серии и продолжительности их постройки.

Однако в первую очередь необходимо рассчитать пропускную способность такого производства, которая обеспечит

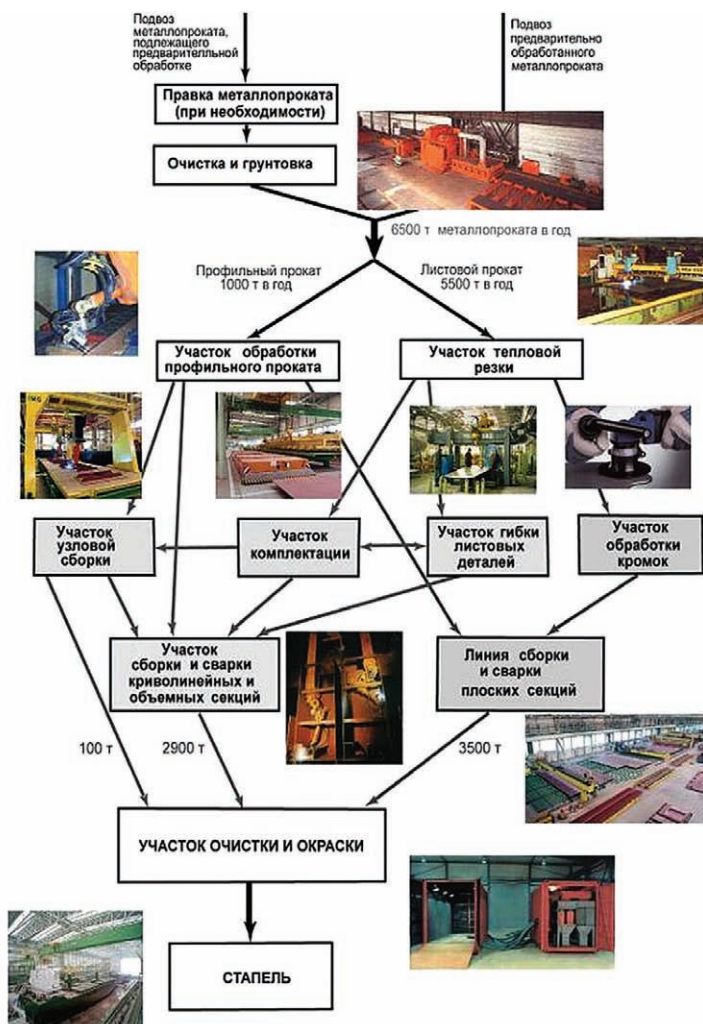


Рис. 1. Схема функциональных связей корпусообработывающего и сборочно-сварочного производства

выполнение заданной годовой программы производства.

На рис. 1 представлена схема функциональных связей корпусообработывающего и сборочно-сварочного производства, разработанная сотрудниками ФГУП «ЦТСС» А.М. Плотниковым, А.А. Васильевым, И.Е. Любимовой, Н.П. Антоновым.

Для понимания того, что влечет за собой принятие правильных технических решений при модернизации судостроительных предприятий, требуется разработка принципиально новых физико-математических моделей, описывающих функционирование судостроительного предприятия и его подразделений.

На практике существует понятие «моделирование физическое» как вид моделирования, который состоит в замене изучения некоторого объекта или явления экспериментальным исследованием его модели, имеющей ту же физическую природу. В науке любой эксперимент, проводимый для выявления тех или иных закономерностей изучаемого явления или для проверки правильности границ применимости найденных теоретическим путем результатов, по существу представляет собой моделирование, так

как объектом эксперимента становится конкретная модель, обладающая необходимыми физическими свойствами, а в ходе эксперимента должны выполняться основные требования, предъявляемые к физическому моделированию.

В технике физическое моделирование используется при проектировании и сооружении различных объектов для определения на соответствующих моделях тех или иных свойств (характеристик) как объекта в целом, так и отдельных его частей.

К физическому моделированию прибегают не только по экономическим соображениям, но и потому, что натурные испытания очень трудно или невозможно осуществить, когда слишком велики (малы) размеры натурального объекта или значения других его характеристик (давления, температуры, скорости протекания процесса и т.п.).

В основе физического моделирования лежат теория подобия и анализ размерностей, а его необходимыми условиями являются геометрическое подобие (подобие формы) и физическое подобие модели и природы: в сходственные моменты и в сходственных точках пространства значения переменных величин, характе-

ризующих явления для природы, должны быть пропорциональны значениям тех же величин для модели. Наличие такой пропорциональности позволяет выполнять пересчет экспериментальных результатов, получаемых для модели, на натуру путем умножения каждой из определяемых величин на постоянный для всех величин данной размерности множитель – коэффициент подобия.

Процесс функционирования цехов судостроительного предприятия не физический процесс, поэтому необходимо разработать новую, иную идею моделирования, что и является задачей данной статьи.

Состав цехов судостроительного предприятия определяется его профилем и объемом производства, зависит от типа и размеров строящихся судов (кораблей). Распределение цехов по группам носит достаточно условный характер.

К основным цехам верфи, обеспечивающим постройку корпуса корабля и монтаж оборудования, относятся:

- корпусообработывающий, где расположен склад металла, участок предварительной обработки проката для изготовления корпуса;
- сборочно-сварочный, выполняющий сборку и сварку корпусных конструкций: узлов, секций, блоков;
- стапельный с построечными местами и спусковыми сооружениями, обеспечивающими формирование корпуса корабля и спуск его на воду;
- механомонтажный, где выполняется монтаж главных и вспомогательных механизмов и другого оборудования на стапеле и на плаву;
- трубомедницкий для изготовления и монтажа трубопроводов и систем;
- слесарно-сборочный, где изготавливаются и монтируются вентиляция, дельные вещи, устройства и слесарно-корпусные изделия;
- деревообрабатывающий с лесопилкой, сушилкой и складом пиломатериалов, который осуществляет изготовление и установку настилов палуб, мебели и других деревянных изделий;
- малярно-изоляционный, специалисты которого выполняют изоляционные и окрасочные работы;
- такелажно-шрусный для изготовления такелажа, тентов, чехлов;
- цех покрытий, где на различные изделия и трубы наносится гальваническое покрытие (цинкование, хромирование, никелирование);
- достроечно-сдаточный цех, в котором выполняются работы по достройке корабля на плаву, испытания и сдача корабля заказчику.

Особое место занимает моделирование процессов, происходящих на различных этапах создания промышленных предприятий, их функционирования и реорганизации. Необходимо отметить,

что модернизация предприятий судостроительной отрасли – это их реорганизация с целью повышения эффективности функционирования.

Такое моделирование позволит разработать методики получения количественных характеристик вновь создаваемых и модернизируемых предприятий.

Теория организации как наука дает представление о жизненном цикле организации, ее структуре, функционировании, необходимости проведения реорганизации (модернизации) и оценке эффективности модернизационных процессов.

В структуре судостроительного предприятия важнейшее место занимает структура основных производственных фондов, к которым относятся:

- земельные участки и объекты природопользования (вода, недра, другие природные ресурсы), принадлежащие предприятию на правах собственности;
- здания (производственно-технические, служебные и др.);
- сооружения (инженерно-строительные объекты, обслуживающие производство);
- передаточные устройства (электросети, теплосети);
- машины и оборудование;
- измерительные и регулирующие приборы, устройства и лабораторное оборудование;
- вычислительная техника;
- транспортные средства (внутри- и внепроизводственные);
- инструменты и приспособления;
- производственный и хозяйственный инвентарь;
- внутрихозяйственные дороги и др.

Конечным продуктом организации является выпускаемая продукция, а одним из показателей эффективности функционирования – ее объем.

В свою очередь, объем выпускаемой продукции зависит от ряда факторов. Если обозначить объем выпускаемой продукции величиной F , то ее зависимость от этих факторов (характеристик) можно представить в виде

$$F = f(S_1, S_2, S_3, \dots, S_n), \quad (1)$$

где S_1 – характер выпускаемой продукции; S_2 – востребованность на рынке; S_3 – объем финансирования; S_4 – уровень механизации и автоматизации; S_{n-1} – уровень специализации и кооперирования; S_n – климатические и географические условия расположения предприятий и др.

Вполне очевидно, что эти факторы зависят от типа предприятия и его основных производственных фондов.

Задача определения величины F при большом числе влияющих на нее параметров становится достаточно сложной и трудновыполнимой, поэтому с допустимым уровнем погрешности в конечном результате делается упрощение

модели путем исключения факторов, влиянием которых можно пренебречь. В итоге исследователь может получить новую функцию зависимости объема выпускаемой продукции

$$F_1 = f(S_1, S_2, S_3). \quad (2)$$

Величины F и F_1 имеют различные численные значения, и в этом заключается сущность физической модели определения объема выпускаемой продукции.

На следующем этапе исследования создается математическая модель процесса определения зависимости объема выпускаемой продукции от каждого фактора. Сущность этой модели заключается в подборе зависимости функции F_1 известным математическим зависимостям (линейная, показательная и т.п.). Графически это может выглядеть так, как показано на рис. 2.

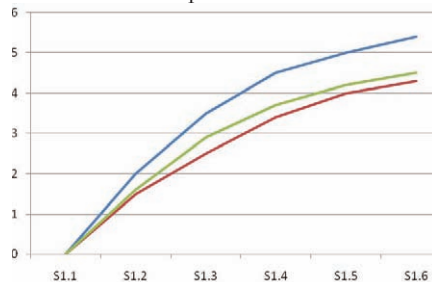


Рис. 2. Зависимости функций от численного значения параметров

Вполне очевидно, что не может быть полного совпадения зависимости функции F_1 этим математическим структурам, поэтому делается следующее упрощение реальной модели, заключающееся в принятии в качестве математической модели функции F_2 , полностью соответствующей близкой математической структуре.

В результате этих допущений и преобразований значения функций F и F_2 могут существенно различаться, зато в виде F_2 исследователь получает легко реализуемую в процессе вычислений зависимость.

Однако расчет реальной зависимости объема выпускаемой продукции от многообразия факторов по результатам аналитических исследований, модельных экспериментов и производственной практики целесообразно выполнять с использованием модели вида

$$F = k \times F_2. \quad (3)$$

Эта формула представляет собой физико-математическую (имитационную) модель функционирования предприятий или составляющих их подразделений, позволяющую получать численные значения искомой величины, близкие к реальной.

В данной ситуации ограничимся разработкой физико-математической модели корпусостроительного цеха, имея в виду, что ее можно распространить и на весь завод или верфь, считая цеха струк-

турными подразделениями, так же как структурными подразделениями цеха являются участки.

Вообще говоря, процесс технологии создания корпуса судна состоит из 11 позиций:

- 1) изготовление листового и профильного проката на сталепрокатных заводах;
- 2) транспортировка проката на склад судостроительных предприятий;
- 3) правка проката;
- 4) очистка проката;
- 5) грунтовка проката;
- 6) изготовление деталей (резка и гибка);
- 7) изготовление узлов;
- 8) изготовление плоскостных секций;
- 9) изготовление объемных секций;
- 10) изготовление блоков;
- 11) изготовление из блоков корпуса судна.

Поскольку физическое моделирование имеет целью в максимально возможной степени упростить реальный процесс, сделаем следующее: первую и вторую позиции, как не имеющие отношения к судостроительному предприятию из рассмотрения убираем. Позиции три, четыре и пять объединяем в одну. Точно так же объединяем позиции восемь и девять, как близкие по используемым технологическим процессам. В итоге считаем, что судокорпусный (корпусосборочный) цех состоит из шести участков (позиций).

Основной целью разрабатываемой в данной статье физико-математической модели является оптимальное проектирование на модернизируемом предприятии производственного цикла, обладающего минимальным временем его завершения.

В работе [2, с. 15] изображена структура производства продукции всего предприятия, но она также отражает и время производства продукции, в том числе и в отдельных цехах, например судокорпусном.

Рассмотрение структуры времени производства (рис. 3) показывает, что ускорение производственного цикла (или уменьшение времени на его проведение) возможно только при увеличении производительности труда и изменении трудового законодательства, что не имеет никакого отношения к оптимизации производственного процесса. Отсюда следует, что уменьшение времени производства возможно только за счет времени нахождения предметов труда в производственных запасах, в том числе времени, когда предметы труда находятся между различными участками цеха. Существует термин «работа с колес», когда предметы труда без задержки поступают с одного участка на другой, не попадая в производственные запасы.

Эффективность функционирования любого из участков судокорпусного цеха

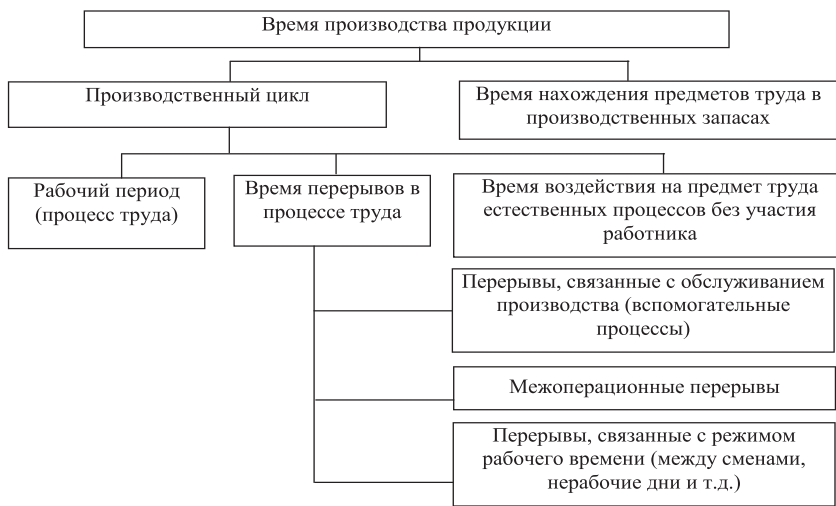


Рис. 3. Структура временного процесса производства продукции

зависит от множества факторов, в числе которых:

- площадь всего участка $S_{уч}$;
- площадь $S_{маш}$, необходимая для размещения и функционирования машин, механизмов и другого оборудования;
- количество $Ч_{ор}$ основных рабочих данного участка;
- количество $Ч_{вр}$ вспомогательных рабочих данного участка;
- производительность труда $П_{Тор}$ основных рабочих данного участка;
- производительность труда $П_{Твр}$ вспомогательных рабочих;
- площадь участка $S_{вор}$, необходимая для функционирования основного рабочего;
- площадь участка $S_{ввр}$, необходимая для функционирования вспомогательного рабочего;
- масса q предметов труда, проходящих через участок;
- средства технологического оснащения (совокупность орудий производства);
- технологическое оборудование (оснастка, приспособления, инструмент);
- время t производства предмета труда на участке;
- технологическая трудоемкость T_T – показатель, характеризующий затраты труда основных производственных рабочих на изготовление продукции и др.

Для решения поставленной в этой статье задачи имитационная модель функционирования судокорпусного цеха в максимальной степени предполагает уменьшение количества факторов, влияющих на производственный процесс и будет содержать прежде всего следующие факторы:

- количество основных рабочих $Ч_{ор}$;
- количество вспомогательных рабочих $Ч_{вр}$;
- производительность труда основных рабочих $П_{Тор}$;
- производительность труда вспомогательных рабочих $П_{Твр}$;

- масса предметов труда, проходящих через участок q ;
 - время нахождения предметов труда через участок t ;
 - технологическая трудоемкость i -го участка T_T .
- Разработка математической модели функционирования участков корпусостроительного цеха базируется в первую очередь на выражении для определения технологической трудоемкости участка.

$$T_T = Ч_{ор} \cdot t. \quad (4)$$

Составляющие формулы рассмотрены ранее.

При этом под производительностью труда понимается среднее количество продукции, выработанной на единицу затрат труда:

$$П_T = q / T_T \quad (5)$$

Составляющие также рассмотрены ранее.

Исходя из (1) и (2), масса предметов труда, проходящих через участок

$$q = П_T \cdot T_T \quad (6)$$

Раскрывая в (3) $П_T$ и T_T , получаем формулу

$$q = П_{Тор} \cdot Ч_{ор} \cdot T_T \cdot t + П_{Твр} \cdot Ч_{вр} \cdot T_T \cdot t + П_{ОТ} \cdot t, \quad (7)$$

где $П_{ОТ}$ – производительность труда машин и механизмов, входящих в состав участка.

Чтобы упростить формулу (4), необходимо знать соотношение основных и вспомогательных рабочих на каждом участке судостроительного цеха.

Обозначим это соотношение $Ч_{ор}/Ч_{вр} = K_i$, тогда выражение (7) примет вид (для i -го участка)

$$q_i = П_{Тор} \cdot Ч_{ор} \cdot T_T \cdot t + П_{Твр} \cdot Ч_{вр} \cdot T_T \cdot t + П_{ОТ} \cdot t = [(1+K_i) Ч_{ор} (П_{Тор} + П_{Твр}) + П_{ОТ}] t. \quad (8)$$

Теперь подходим к главному. Если бы через участки цеха проходило одинаковое количество продукции q в одинаковый отрезок времени t , то в этом случае и возникла бы передача продукции «с колес», т.е. без нахождения ее в производственных запасах между участками цеха. Это условие математически логично записать как

$$q/t = \text{const.} \quad (9)$$

С учетом (9) выражение (8) преобразуется к виду

$$(1+K_i) Ч_{ор} (П_{Тор} + П_{Твр}) + П_{ОТ} = \text{const.} \quad (10)$$

Выражения (9) и (10) и есть физико-математическая (имитационная) модель функционирования судостроительного цеха судостроительного предприятия. Рассмотрим выражение (10). Здесь известны составляющие K_i – соотношение количества основных и вспомогательных рабочих; $П_{Тор}$ и $П_{Твр}$ – производительность труда основных и вспомогательных рабочих; $П_{ОТ}$ – производительность труда машин и механизмов i -го участка.

Сравнивая между собой выражение (10) для всех шести участков, определяем количество основных и вспомогательных рабочих на всех участках, которые обеспечат проведение через участки определенного количества предметов труда, передавая их без нахождения в производственных запасах.

Развитие физико-математической модели функционирования судостроительного цеха предусматривается в целях:

- определения максимального количества предметов труда q при определенной площади цеха и определенной производительности труда основных рабочих, вспомогательных рабочих и машин;
- перераспределения площадей участков при определенном количестве предметов труда q .

В заключение следует отметить, что при помощи рассмотренной выше имитационной модели решаются задачи оптимизации производственных систем, технологических процессов, а также самих изделий морской техники. Выполненные расчеты применительно к реальным производствам позволили выявить резервы сокращения сроков изготовления корпусных конструкций на 15–20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорوفеев В.И., Кляхин В.Н., Фомичев А.Б. Физико-математическая модель процесса функционирования судостроительного предприятия. – СПб.: «Спецматериалы»: Сб. тр. XIX Всерос. науч.-практ. конфер. «Актуальные проблемы защиты и безопасности», 2016, т.4.
2. Гармашев А.Д. Технология судостроения – СПб: Профессия, 2003.
3. Гуревич И.М., Зелченко А.Я., Кулик Ю.Г. Технология судостроения и судоремонта: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1976. – 416 с.
4. Желтобрюх Н.Д. Технология судостроения и ремонта судов. – Л.: Судостроение, 1990. – 344 с.
5. Мацкевич В. и др. Основы технологии судостроения: Учеб. – Л.: Судостроение, 1980. – 352 с. ■

Композитные материалы для производства корпусов судов применяются с первой трети XX в., а стеклопластик уже с середины прошлого века стал одним из основных материалов корпусов в малотоннажном судостроении. Несколько позже к стеклопластикам добавился другой вид неметаллических композиционных материалов – углепластики. В наши дни распространение композитов обусловлено не только их эксплуатационными характеристиками, но и возможностью снизить массу изделий на 25–30% при общем уменьшении стоимости конструкции.

Наиболее распространенный метод постройки судов из пластмасс – формирование корпуса с монолитной оболочкой. Обычно на поверхность матрицы сначала наносят декоративный поверхностный слой, а затем ламинируют матом или тканью, пока не будет достигнута нужная толщина обшивки или необходимая прочность на разрыв [1].

Изготовление матрицы – самая сложная, затратная и долгая стадия технологического процесса производства судов из композита. Затраты на эту операцию могут превышать 70% себестоимости всего изделия. Ситуация осложняется тем, что, как правило, матрица имеет сложную форму и значительные размеры. Поэтому предприятия ищут возможности сократить трудоемкость данной операции.

Перед производителями композитных корпусов стоит задача по построению высокорентабельного производства целого ряда крупногабаритных деталей, которое к тому же должно быстро реагировать на возможные изменения в конструкции. Такое производство возможно только при использовании самых современных подходов на всех этапах жизненного цикла изделия. На стадиях проектирования и подготовки производства необходимо применять связки из CAD/CAM систем. Механическая обработка матриц должна происходить на современных многоосевых обрабатывающих центрах (ОЦ). Подобные станки – это сложное крупногабаритное оборудование. Чтобы инвестиции в него были эффективными, оно должно позволять совмещать различные операции, быстро производить переналадку и работать с минимальными временными потерями.

Компания Ferretti специализируется на постройке моторных яхт класса «люкс». Чтобы оставаться на этом конкурентном рынке, фирма вынуждена постоянно совершенствовать свою продукцию и использовать самые пе-

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО 5-ОСЕВОГО ПОРТАЛЬНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА ФИРМЫ CMS ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОРПУСОВ СУДОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Л.М. Грин, вед. инженер-технолог ООО «Пумори-северо-запад»,
контакт. тел. (812) 670 7026*

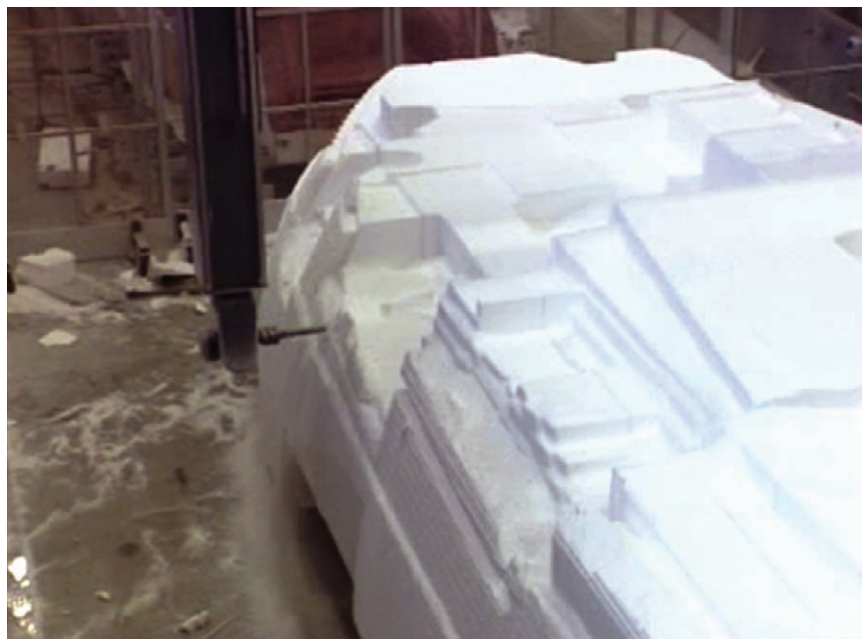


Рис. 1. Обработка сделанной из пенополистирола основы для матрицы

редовые технические решения. Изготовление монолитных пластиковых корпусов было одним из узких мест всего производства. Решением проблемы стало внедрение 5-осевого портального ОЦ «Poseidon» производства итальянской фирмы CMS.

Сейчас это оборудование используется на верфи для обработки матриц и различных композитных деталей. Для удешевления и ускорения создания матрицы ее изготавливают в несколько этапов из разных материалов. На первом этапе делается конструкционная поддержка из дешевого материала (например, пенополистирола). Заготовка устанавливается и закрепляется в рабочей зоне станка. Далее с помощью устройства резки горячей струной происходит черновая обработка, в след за которой при необходимости заготовка фрезеруется. В результате этой операции получается основа матрицы, которая упрощенно повторяет контур будущего изделия (рис. 1).

На втором этапе на конструкционную поддержку наносится слой модельной пасты. После отверждения, которое происходит при комнатной температуре, заготовка матрицы обрабатывается механически, как обычный модельный пластик. Нанесение пасты может происходить как в ручном, так и в автоматизированном режиме. Во втором случае фрезерная голова станка заменяется на программно-управляемый экструдер.

С его помощью удается избежать перерасхода материала и получить однородный по структуре и толщине слой, который впоследствии хорошо обрабатывается резанием (рис. 2 и рис. 3).

На завершающем этапе заготовка матрицы проходит высокоскоростную многоосевую фрезерную обработку, в ходе которой формируется окончательная геометрия детали. Станок может осуществлять резание сразу по пяти осям, это позволяет получить поверхность практически любой фор-



Рис. 2. Нанесение пасты вручную

мы и при этом достигается хорошая шероховатость, что является обязательным для такой детали (рис. 4). Контроль основных размеров детали происходит на станке с помощью системы автоматического измерения. Цикл измерения встроен в программу обработки.

ОЦ имеет порталную схему, поэтому его рабочая зона может быть весьма значительной в продольном направлении. Это дает возможность разместить в ней несколько изделий и тем самым сократить временные потери на переналадку, так как каждая матрица в станке может находиться



Рис. 3. Нанесение пасты в автоматизированном режиме

на разной стадии технологического процесса (рис. 5).

Помимо матриц данное оборудование используется для окончательной обработки уже готовых пластиковых деталей: обрезки краев, сверления отверстий, фрезерования окон и карманов.

Внедрение 5-осевого ОЦ «Poseidon» CMS позволило производителю Ferretti – вести механическую обработку различных изделий из самых разных материалов, сохраняя высокую точность и стабильность размеров. Помимо этого станок может осуществлять аддитивные операции (нанесение слоя модельной пасты) при использовании автоматизированного экструдера. С помощью данного ОЦ удалось создать гибкий быстрый и отлаженный технологический процесс, который привел к снижению затрат и значительному сокращению сроков производства монолитных композитных корпусов, позволил в несколько раз быстрее выводить на рынок новые модели.

В России решения CMS представляет один из крупнейших поставщиков оборудования для механообработки – компания «Пумори-северо-запад», которая входит в корпорацию «Пумори» и уже больше 10 лет оказывает инженеринговые услуги промышленным предприятиям.



Рис. 4. Высокоскоростное фрезерование матрицы



Рис. 5. Две матрицы на разных стадиях изготовления в рабочей зоне станка

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов А. Д., Чернышов Е. А., Романова Е. А. Обоснование выбора материала корпуса малого учебного судна из композитных материалов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – №3. – С.76–80. ■

На торжественном пленуме НТО им. акад. А. Н. Крылова 30 мая 2016 г. его президент доктор техн. наук, профессор В.Л. Александров отметил крайне важную задачу – необходимость продвижения результатов научных разработок в реальное производство.

Представители фундаментальной, академической, прикладной, отраслевой, вузовской и других научных организаций участвовали в работе пленума. Благодаря инициативе НТО работу пленума можно рассматривать как площадку для обмена знаниями и опытом между научно-исследовательскими, конструкторско-технологическими производственными, рекламно-выставочными, историческими, издательскими и финансовыми организациями для совместной разработки и сокращения сроков продвижения в производство передовых результатов деятельности.

В своем докладе я доложил о некоторых решенных и еще требующих решения задач, позволяющих продлевать сроки эксплуатации кораблей и судов иностранной постройки ВМФ РФ. Практически на протяжении всей истории регулярного Российского флота, как коммерческого, так и военного, часть кораблей и судов приобреталась на зарубежных верфях. В числе кораблей зарубежной постройки и крейсер «Варяг» императорского флота России, и восьмипалубные пассажирские теплоходы типа «Иван Франко» советского флота. Сегодня в составе ВМФ России эксплуатируется более 300 кораблей и судов иностранной постройки.

Среди них – корабли и суда, закупленные у иностранных производителей, полученные по итогам Великой Отечественной и Второй мировой войн, построенные в рамках Совета экономической взаимопомощи (1949–1991 гг.) и Варшавского договора (1955–1991 гг.). Сроки эксплуатации большинства этих кораблей и судов превышают 25 лет.

Востребованность данных объектов подтверждается интенсивностью их использования. Так, России в связи с обращением о помощи правительства Сирии потребовалось наладить морской маршрут поставок техники и гуманитарных грузов в сирийский порт Тартус. По данным из открытых источников, в решении задачи, получившей название «сирийский экспресс», участвовали 15 кораблей и судов, входящих в состав ВМФ России, 13 из которых иностранной постройки.

Особенностями этих кораблей и судов являются:

– отсутствие полного комплекта

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ИНОСТРАННОЙ ПОСТРОЙКИ

*Г.Н. Муру, канд. техн. наук, исполнительный директор АО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 315 4945*



Главнокомандующий ВМФ адмирал В.И. Королёв с участниками совещания

проектной, рабочей конструкторской, ремонтной и эксплуатационной документации;

- полное отсутствие подлинников и, как следствие, управляемой документации;
- сроки службы большинства кораблей превышают заданные проектом;
- невыполнение значительной части плановых ремонтов, предусмотренных нормами эксплуатации и ремонта;
- отсутствие учета изменений в конструкции и комплектации, принятых в процессе эксплуатации;
- комплектующее их оборудование по элементной базе зачастую не сопрягается с изделиями, выпускаемыми отечественной промышленностью в настоящее время;
- выполнение модернизационных работ требует решения задач по встраиванию в структуру судна изделий, спроектированных на принципиально иных принципах функционирования.

Необходимо отметить, что значительная часть комплектующего оборудования иностранного производства не отвечает современным требованиям, сегодня не производится, не имеет оригинальных запасных частей и, следовательно, неремонтопригодна.

Большая номенклатура оборудования, позволяющего решать боевые задачи и обеспечивать безопасную эксплуатацию указанных кораблей и судов ВМФ, отсутствует в снабжении Вооруженных сил РФ и не производится на территории РФ.

К таким комплектующим относятся: сепараторы; опреснители; главные двигатели; спуско-подъемные устройства (СПУ); спасательные плавсредства; элементная база для систем автоматического управления (САУ); шпиль, брашпиль.

Справедливости ради необходимо отметить, что теоретически и технически возможна, например, замена шпилей и брашпилей иностранного производства на аналогичные изделия отечественного производства, но экономическая целесообразность этого сомнительна так как для этого потребуется, во-первых, проектирование шпилей и брашпилей для каждого из проектов кораблей иностранной постройки отдельно, поскольку критериями для проектных работ и изготовления данных изделий являются тип (электрический, электрогидравлический), массогабаритные характеристики, тяговое усилие, держащее усилие колодочного тормоза, скорости выборки цепи и т. п. Для этого необходимы финансирование проектных работ и подготовка производства, и этот про-

цесс вместе с изготовлением может занять более двух лет.

Кроме того, замена шпилей и брашпилей иностранного производства на спроектированные отечественные повлечет за собой не только значительный объем сопутствующих работ, связанных с заменой самого механизма, его систем управления, сопряжения с корабельными корпусными конструкциями и системами, но и необходимость замены якорных цепей.

Импортные цепи отличаются от отечественных своими калибрами. Применение якорных цепей отечественного производства в шпилях и брашпилях иностранного производства потребует замены их отдельных узлов.

В связи с современными требованиями экологии возникает необходимость дооснащения кораблей и судов системами биологической или химической очистки сточных вод, однако на территории России производителей этого оборудования нет. Также отсутствуют опреснители (малогабаритные), позволяющие не возить на борту наполнители фильтров или существенно минимизировать их объем. На территории России не удается обнаружить производства еще целого ряда образцов судового оборудования.

К числу составных частей и комплектующего оборудования, задачи импортозамещения которого успешно решены, можно отнести: корпусные конструкции; кабельная продукция; вспомогательные котлы; вспомогательные дизельгенераторы (частично); большинство насосов и арматуры всех типов; пожарная сигнализация, компрессоры; рефрижераторные установки (частично); САУ и ДАУ (частично).

Следует отметить, что проектирование и постройка кораблей и судов за рубежом велось по Правилам и под надзором Российского морского регистра судоходства или иных классификационных обществ. Документы этих



Участники совещания Г.Н. Муру и Н.М. Вихров

обществ (руководящие и нормативные) зачастую не корреспондируются с документами, разработанными для кораблей и судов, спроектированных и построенных по требованиям Минобороны (ВМФ) России. С целью гармонизации этих документов проводится ряд интересных разработок. «51 ЦКТИС» совместно с Балтийским федеральным университетом им. И. Канта создана «Методика оценки по критериям прочности остаточного срока службы кораблей и судов ВМФ РФ, спроектированных и построенных под наблюдением классификационных обществ и выслуживших проектные сроки эксплуатации».

Представляется целесообразным рассмотреть вопрос о привлечении квалифицированного персонала Российского морского регистра судоходства (РМРС) к осуществлению: технического наблюдения за судами в эксплуатации, рассмотрении технической документации, выдаче документов, в том числе на судовые механизмы, оборудование, устройства; сертификации промышленной продукции, а Инспекций РМРС – к участию в ремонтных и модернизационных работах на кораблях и судах ВМФ иностранной постройки, а также возможность использования на этих объектах изделий и ма-

териалов, имеющих одобрения РМРС.

В заключение считаю необходимым отметить, что организация производства отечественных образцов судового оборудования – это интересная инженерно-техническая задача и инвестиционно привлекательное направление работы, а не только задача импортозамещения.

Р. С. При подготовке статьи к печати стало известно о проведении 24–25 января 2017 г. совещания, посвященного нерешенным вопросам исполнения сервисного обслуживания, ремонта и модернизационных работ на кораблях и судах иностранной постройки.

Руководил совещанием заместитель главнокомандующего ВМФ по вооружению вице-адмирал В. И. Бурсук. В совещании принял участие главнокомандующий ВМФ адмирал В. И. Королев, который в своем выступлении подчеркнул важность обсуждаемых вопросов и поставил задачи перед участниками совещания.

В работе совещания приняли участие представители: Департамента по обеспечению государственного оборонного заказа и Управления военных представительств Минобороны России, Главного командования ВМФ, военных представительств, аккредитованных на предприятиях, органов военного управления флотов, технических управлений и служб эксплуатации и ремонта флотов, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», «Объединенной судостроительной корпорации», «Роснефти», судоремонтных и машиностроительных предприятий.

В ходе работы определены пути решения проблемных вопросов, а также сформированы предложения для доклада заместителю министра обороны Российской Федерации и Коллегии военно-промышленного комплекса. ■



Руководители предприятий, организаций и военных представительств во время совещания

Авторы статьи с помощью специалистов судостроительной отрасли (АО «ЦНИИТС», ООО «ЦИТ «Мёбиус», АО «ЦНИИМФ», АО «Адмиралтейские верфи», ОАО «ЦКБ «Айсберг», ФГУП «Крыловский государственный научный центр») сделали попытку выявить противоречия норм и требований нормативно-методических документов, регламентирующих определение цен и затрат по калькуляционным статьям на морскую технику практике деятельности судостроительных предприятий в современных экономических условиях.

Актуальной проблемой обоснованного установления цен на проектные работы и строительство судов является отсутствие современной базы нормативно-методических документов, определяющих порядок расчета затрат в разрезе калькуляционных статей. Проблема вызвана прекращением после 1991 г. разработок отраслевых нормативно-методических документов по ценообразованию и трудоемкости строительства судов, а также практическим прекращением работ по нормированию труда. Текущие работы ведутся в этом направлении, но недостаточными для их немедленного внедрения темпами.

АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОЙ СИТУАЦИИ В ОТРАСЛИ

В процессе анализа норм и требований нормативно-методических документов (табл. 1), регламентирующих определение цен и затрат по калькуляционным статьям на морскую технику, противоречащих практике деятельности судостроительных предприятий в современных экономических условиях, установлено следующее:

1. Единственными документами (полученными авторами в результате изучения предмета темы статьи), регламентирующими порядок определения цен на суда и плавсредства, являются [табл. 1, п.1 и 10]. Использование их для определения стоимости судов и плавсредств на ранних стадиях проектирования представляется маловероятным, так как они ориентированы на условия, когда на любую продукцию есть установленная государством цена.

2. Изучение практики нормирования труда в научно-технических организациях показывает, что многие теоретические и методические вопросы в этой области еще не решены. В настоящее время в научно-исследовательских институтах и КБ применяются десятки различных методик нормирования трудоемкости предстоящих работ. Однако большинству

ПРАКТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ И УСТАНОВЛЕНИЯ ЦЕН НА МОРСКУЮ ТЕХНИКУ

А.В. Абрамов, д-р эконом. наук, проф., зав. кафедрой СПбГМТУ,
А.Н. Ваучский, д-р техн. наук, зам. директора ОНТИ «Румб»,
М.А. Загородников, канд. эконом. наук, исполнительный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
Д.С. Хмара, канд. эконом. наук, доцент, СПбГМТУ,
контакт. тел. +7(890) 522 0925

таких методик присущ общий недостаток – локальное рассмотрение процесса нормирования труда в отрыве от существующей системы планирования и управления исследованиями и разработками. В связи с этим разрабатываемые нормативы не всегда находят применение [1, с. 34].

3. Расчеты трудоемкости строительства судов до сих пор многими предприятиями ведутся с применением укрупненных нормативов, разработанных 20 и более лет назад. Использовать подобные нормативы сегодня некорректно из-за большого технологического разрыва.

4. Учет фактической трудоемкости ведется на основе данных распределения расчетной трудоемкости по выполненным работам, нередко без сопоставления с отработанным временем. Таким образом, используя устаревшую нормативную базу, невозможно достичь качества и достоверности расчета трудоемкости строительства судов.

5. Последствия использования устаревших нормативно-методических документов заключаются в искажении цены судна, производственных планов, расчета численности и оплаты труда рабочих и продолжительности строительства.

6. Ориентация на нормативы отдельных статей калькуляции невозможна в связи с различной базой основных производственных фондов и инфраструктурой судостроительных предприятий.

7. Использование судостроительными предприятиями параметрических методов ценообразования и сравнительного подхода также затруднено по причине отсутствия современной базы технико-экономических характеристик судов морского и речного флота и индексов стоимости. Документы, подобные [2], не обладают достаточной актуализацией по многим разделам.

8. Порядок своевременного и официального доведения проблемных вопросов, а также промежуточных результатов согласования прогнозной цены Минпромторгом, отраслевым органом, Федеральной службы по

тарифам (ФСТ) России до головных исполнителей и государственного заказчика не определен.

9. Отсутствие утвержденных технических требований на продукцию и мнения государственного заказчика по ряду технических вопросов приводит к необоснованному снижению цены на всех этапах рассмотрения соответствующими службами.

10. Форма выдачи заключения ФСТ России по прогнозной цене не позволяет головному исполнителю сделать окончательные выводы об обоснованности снижения заявленных плановых расходов по статьям затрат.

11. На практике прогнозная цена определяется не обоснованными расчетами и анализом рынка, а применением стоимостных параметров, заложенных в государственную программу заказа.

12. Отсутствуют со стороны отраслевого органа и ФСТ России квалифицированные технические и одновременно экономические специалисты для оценки предоставляемых предприятиями обоснований цен, так как *цены в конечном итоге определяются применяемой технологией производства* [5].

13. Проблемные вопросы ценообразования на продукцию при формировании, размещении и выполнении заказа:

– стоимость нормо-часа по статье «основная заработная плата», принимаемая аккредитованными организациями в составе цены на уровне среднего по отрасли (региону) значительно ниже реально выплачиваемой работникам заработной платы;

– прибыль, рассчитанная по формуле 1% плюс 20%, не позволяет предприятию компенсировать разницу в стоимости нормо-часа по статье «основная заработная плата» и планировать в нужном объеме средства на развитие производства и обновление производственных мощностей;

– при наличии многоуровневой кооперации определение прибыли по формуле 1% плюс 20% не выгодно для головных исполнителей;

Сводный перечень инструктивных, нормативных и методических документов

№ п/п	Наименование и обозначение документа	Разработчик	ЦКБ «Балт-судопроект» КГНЦ	Отделение №5 КГНЦ	ЦНИИ-МФ	ЦКБ «Айс-берг»	«Адмиралтейские верфи»
1	Инструкция по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) на предприятиях отрасли	СПб., ЦНИИ «Румб», 1991. 212 с. Утв. приказом первого заместителя МСП 15.11.91, №391.	+	+	+	+	+
2	РД5Р.3160-068–2003. Корабли и суда. Порядок управления трудоемкостью постройки, ремонта, переоборудования и модернизации	СПб., ФГУП «ЦНИИТС», 2003					+
3	Методика автоматизированного расчета стоимости проектируемых и строящихся морских транспортных судов, судов активного ледового плавания и ледоколов, судов рыболовного флота на отечественных и зарубежных верфях с использованием АС (соответствует отраслевой методике расчета стоимости проектируемых и строящихся транспортных судов различных типов на отечественных или зарубежных верфях в свободно-конвертируемой валюте ЦНИИМФ ЯКУТ 47-018–02)	URL: http://www.proa.ru/price/methods.htm			+		
4	Методика определения оптовых цен на строительство судов внутреннего плавания промышленными предприятиями Министерства речного флота РСФСР, 1976 г.	Утв. зам. министра речного флота В. Трофимовым 24.10.1975			+		
5	Методика расчета цен (стоимости) и нормативов чистой продукции на суда и корабли на всех стадиях проектирования и строительства	ЦНИИ «Румб», 1982, 57 с.	+	+	+	+	+
6	РД5.0206–76. Нагрузка масс гражданских вспомогательных судов. Коды и элементы нагрузки. Отраслевой стандарт	М.: НИИ стандартизации и сертификации, 82 с. Вступил в действие с 01.07.77. Изменения: 1/82, 2/84	+	+	+	+	+
7	ОСТ5Р.0206–2002. Нагрузка масс гражданских и вспомогательных судов. Классификация элементов нагрузки	СПб., НИИ «Лот», ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», 2003, 78 с.	+	+	+	+	+
8	Нормативы трудоемкости и продолжительности проектирования гражданских судов. №299024-03-Н–91	СПб.: ЦНИИ «Румб», 1991, 48 с.	+	+	+	+	+
9	Отраслевая инструкция по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) на промышленных предприятиях речного транспорта	URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142893/ Утв. Минтрансом России 26.07.1994 № ВА-6/256			+		
10	Положение 299011-52, 1-11–79. Порядок подготовки цен на продукцию промышленных предприятий МСП СССР. Разработка, представление, рассмотрение и утверждение проектов цен на суда и плавсредства производственно-технического назначения, корабли, вспомогательные суда специального назначения	Л., ЦНИИ «Румб», 1979, 41 с. Утв. первым заместителем МСП И.С. Белоусовым 19.07.78.	+	+	+	+	+
11	Прогноз индексов дефляторов и индексы цен производителей по видам экономической деятельности (по сопоставимому кругу предприятий)	URL: http://www.bls.gov/pPI/	+	+			
12	Нормативы МЛТИ-700-2796–90. Специальная оснастка для постройки гражданских судов, трудовые затраты и определение себестоимости изготовления	СПб., ЦНИИТС, 1990, 44 с. Утв. начальником Главного технологического управления МСП В.Г. Клещевым 24.03.90.	+	+			
13	Справочная информация «Индекс потребительских цен» (материал подготовлен специалистами «Консультант Плюс» по данным Росстата), 2015	URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19571/					
14	В.Н. Киреев, В.А. Мацкевич, Ю.И. Рязанцев. Справочник по нагрузке масс морских судов	СПб., ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. 2007, 195 с.			+		
15	Стоимость постройки новых судов, судов, бывших в эксплуатации и на слом, расходы при эксплуатации судна при строительстве и ремонте	ЦНИИМФ, вып. за 1973 – 2007 гг.			+		
16	Судоходство и судостроение (статистика, экономика, цены): справочное издание	ФГУП «КГНЦ», вып. за 2006–2013 гг.	+	+	+		
17	РД31.03.01–90. Техничко-экономические характеристики судов морского флота	Введены в действие с 1 января 1991 г., 209 с. Утв. Минморфлотом СССР.	+	+	+	+	+
18	РД31.03.01–90. Техничко-экономические характеристики судов морского флота. Приложение	Утв. Минморфлотом СССР, 63 с.	+	+	+	+	+
19	РД5Р.ГКЛИ.0502-184–94. Трудоемкость постройки судов. Нормативы	СПб.: ЦНИИТС, 1994. 81 с.	+	+	+	+	+

– при наличии разногласий между государственным заказчиком, головным исполнителем и исполнителем по вопросам экономически обоснованных цен, *порядок и сроки урегулирования разногласий не определены*;

– механизм доведения мнения предприятий по вопросам ценообразования до правительственного уровня *не определен*;

– отсутствуют юридические основания для выдачи аккредитованными организациями РФ заключений по обоснованности цен (контроль за ценообразованием снят), в то же время на практике имеется необходимость обращения к аккредитованным организациям для выдачи заключений;

– на сегодняшний момент судостроительные предприятия юридически не обязаны согласовывать с аккредитованными организациями РФ экономические показатели своей деятельности на текущий год, однако формирование цен по государственному заказу предприятия обязаны выполнять в показателях, согласованных с аккредитованными организациями РФ.

14. Введение Постановлением Правительства РФ № 1119 от 05.12.2013 г. многоуровневой системы контроля за ценами создает предпосылки к более длительному (до восьми месяцев) и *затратному согласованию цен при отсутствии разработанного алгоритма оценки* и отсутствию определения термина «прогнозная цена».

15. Время начала процедуры согласования цен нормативными документами не определено.

16. Функции департамента аудита аккредитованных организаций до промышленности не определены.

17. Цена зачастую определяется не обоснованными расчетами и анализом рынка, а параметрами, которые заложены в государственном заказе.

18. Предварительное согласование прогнозной цены с заказчиком не гарантирует, что этот принятый уровень сохранится при проведении конкурса, так как ценовые материалы требуют дополнительного согласования с целым рядом министерств.

19. Постановление [4] предусматривает возможность перевода ориентировочной (уточняемой) цены при достижении 80% технической готовности продукции. При этом, как определять 80%-ную готовность, не уточняется.

20. Не определен порядок регистрации ориентировочных цен ФСТ для контрактов длительностью более трех лет, что особенно актуально для судостроительной отрасли.

21. Отсутствует механизм изменения фиксированных цен государственных контрактов (при наличии техни-

ко-экономического обоснования роста затрат).

22. Следует отметить наличие низких возможностей влияния головных исполнителей на цены поставщиков третьего и последующих уровней.

23. Принятые законодательные документы требуют существенных доработок с учетом следующих основных факторов и проблемных вопросов [5]:

– отсутствие согласованных с предприятием-исполнителем и утвержденных государственным заказчиком технических требований на продукцию;

– сжатые сроки для подготовки расчетно-калькуляционных материалов, что не позволяет объективно реализовать процесс определения цен с необходимой степенью обоснованности;

– отсутствие единого правового поля по ценообразованию для головных исполнителей и исполнителей заказа;

– отсутствие современной нормативной базы для определения трудоемкости и других видов производственных ресурсов;

– несоответствие утвержденных индексов-дефляторов реальному росту цен;

– форма выдачи заключения ФСТ России по прогнозной цене не позволяет головному исполнителю сделать окончательные выводы об обоснованности снижения заявленных плановых расходов по статьям затрат. На практике прогнозная цена определяется не обоснованными расчетами и анализом рынка, а применением стоимостных параметров, заложенных в государственную программу;

– отсутствие единого документа, регламентирующего представление различных цен по унифицированным формам.

24. Одна из главных проблем заключается не столько в определении цен (хотя тут тоже есть вопросы), а в ряде следующих положений*:

– в современных условиях применимость отраслевых нормативов ограничена. Очень непросто адаптировать их с учетом инфляции и районных особенностей. Куда более развитая система постановки сметного дела в строительстве и та заходит в этот тупик;

– наблюдается неуправляемость изменений рабочей конструкторской документации и даже технических проектов в ходе постройки;

– отсутствует заинтересованность КБ в снижении затрат – по условиям контракта они не отвечают за стоимость конечной продукции, но у них есть масса возможностей взвинтить цены на свои работы;

– отсутствует единый хозяин заказа от промышленности (генподрядчик), который нанимал бы КБ, поставщиков,

* АО «Адмиралтейские верфи». – URL: http://admship.ru/?page_id=8.

верфи и т. д. и отвечал бы за цену заказа;

– существует достаточно низкий уровень производительности труда на верфях и отсутствуют какие-либо значительные изменения в этой области.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОРЯДКУ И МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТРАТ ПО ОТДЕЛЬНЫМ КАЛЬКУЛЯЦИОННЫМ СТАТЬЯМ НА МОРСКУЮ ТЕХНИКУ НА СТАДИЯХ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Проведенные исследования позволили сделать ряд следующих предложений:

1. Целесообразно *сформировать современную базу* технико-экономических характеристик судов морского и речного флота.

2. Необходимо *создать систему индексов* (коэффициентов) пересчета (изменения) сметной стоимости строительства судов, аналогичную системе индексов, действующей в строительной отрасли. Система индексов является важнейшим инструментом ценообразования. Индексы должны применяться для определения стоимости в текущих (или прогнозных) ценах и для расчетов за выполненные работы между заказчиками и исполнителями. Основное назначение индексов (коэффициентов) – учет фактора удорожания стоимости по отношению к базовому уровню. Индексы (коэффициенты) можно классифицировать по различным признакам и назначению, а именно:

– по стоимостному уровню пересчета на текущие, т. е. на момент составления сметы или акта выполненных работ, и прогнозные.

– по экономическим составляющим сметной стоимости:

индексы к элементам прямых затрат (к оплате труда рабочих, стоимости эксплуатации основных производственных фондов, к стоимости материалов, изделий, конструкций, оборудования);

к общей стоимости сборочно-монтажных работ;

к специальным статьям затрат и элементам сметной стоимости (например, индексы по проектным работам).

– по размеру верфей, объектам, комплексам и видам работ:

по типу судна;

по размеру верфи;

сборка и сварка, оснащение оборудованием и т. д.

Не меньше внимания должно уделяться *разработке прогнозных индексов-дефляторов*.

Таким образом, индексы являются важнейшим инструментом для определения твердых (фиксированных) договорных цен при проектировании и строительстве судов. Потребность в

определении таких цен возникает у всех участников процесса: заказчики хотят иметь представление о конечном объеме инвестиций, необходимых для реализации проекта, с учетом времени и удорожания стоимости. Подрядчикам также необходимо рассчитывать твердую цену на весь срок в условиях, когда распределение заказов все чаще происходит путем проведения конкурсов (торгов).

3. Необходимо разработать нормативно-методические документы:

– по нормированию труда в судостроительной промышленности и нормативов для расчетов трудоемкости строительства судов;

– по определению затрат на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании судов;

– по разработке единых рекомендаций по ценообразованию;

– по созданию обновленной базы технико-экономических характеристик судов морского и речного флота;

– по созданию системы индексов (коэффициентов) пересчета (изменения) сметной стоимости строительства судов.

4. Сформировать пакет документов, которые послужат юридическим основанием для выдачи аккредитованными организациями РФ заключений об обоснованности цен (восстановление контроля за ценообразованием).

5. Разработать алгоритм оценки «прогнозной цены».

6. Целесообразно разработать механизм изменения фиксированных цен государственных контрактов (при наличии технико-экономического обоснования затрат).

7. Целесообразно сформировать механизм влияния головных исполнителей на цены поставщиков третьего и последующих уровней.

8. Основные проблемные вопросы, возникающие у завода-изготовителя, которые необходимо учесть при формировании проектов нормативных актов [6]:

– формирование начальной максимальной цены государственного контракта является исключительно функцией государственных заказчиков;

– выделенные объемы финансирования должны обеспечивать гарантированную прибыль головному исполнителю не менее 5% от фактической себестоимости собственных работ, и не менее 1% от фактической себестоимости привнесенных затрат.

9. Должен быть разработан механизм изменения цены:

– при возникновении в ходе выполнения контракта дополнительных работ, которые не могли быть учтены в конкурсной документации и размер которых превышает 10%;

– при существенном превышении фактических индексов дефляторов над плановыми.

10. Следует нормативно определить, что формирование стоимости контракта при отсутствии полного комплекта технической документации и четко определенного объема работ возможно только в ориентировочных (уточняемых) ценах.

11. Следует привести в соответствие уровень заработной платы, принимаемый аккредитованными представителями, с реально выплачиваемой предприятиями заработной платой.

12. Целесообразно нормативно определить, что для контрактов с длительным технологическим циклом следует производить закупки в ориентировочных (уточняемых) ценах.

13. Идеологически предприятия «ОСК» должны работать в едином информационном пространстве, где существуют единые справочники, номенклатуры изделий, таблицы профессий, типовые работы и т. д. Создание единого информационного пространства позволило бы «ОСК» видеть и контролировать работу предприятий отрасли в режиме реального времени и своевременно принимать необходимые управленческие решения*.

14. Предложить ряд следующих мер, направленных на корректировку существующих негативных тенденций**:

а) внедрить в отрасли принципы проектного управления на основе контрактов типа ЕРМ (при этом таким хозяином заказа могут быть заводы-строители, которым надо серьезно развивать свои управленческие компетенции) или ЕРСМ (для этого нужно создание управляющих компаний и их лицензирование на соответствующие виды деятельности более реальным. Такой подрядчик заинтересован в сокращении затрат, что станет важным драйвером улучшения ситуации. Для надзора за ним можно создать на уровне корпорации проектный комитет для решения (в последней инстанции) наиболее сложных вопросов, связанных с заказом;

б) реализовать на основе п. «а» принципы управления жизненным циклом РЛМ в их современном понимании. Это потребует железного соблюдения этапности, разработки более эффективного порядка управления изменениями и реальной параллельной разработки вместо традиционной для нас системы: КБ разрабатывает чертежи, на основе

которых верфь строит подготовку своего производства. Это в перспективе позволит строить даже головные заказы как серийные (без «отработки конструкции в металле»). Сегодня же в отечественной практике даже серийные заказы строятся как головные – со значительными переделками;

в) полезен на уровне управленческого учета переход к применению стандартной структуры затрат SFI [7] на всех предприятиях***. Это позволит нарабатывать каждому предприятию (и даже корпорации) свои локальные нормативы на основе достигнутых результатов и прогнозов и может сделать затраты более понятными.

г) около 65% стоимости заказа – это стоимость материалов и комплектующего оборудования. Эти компоненты затрат определяются с помощью заказных ведомостей, и порядок их разработки требует совершенствования. Вероятно, полезно в заказных ведомостях предусматривать возможность выбора между несколькими поставщиками, заведомо удовлетворяющего заказчика (как это обычно принято в так называемых мэйкерс-листах). Это откроет возможность использования конкурентных механизмов для снижения затрат;

д) целесообразно совершенствовать организацию проектирования и подготовки производства с тем, чтобы заказные ведомости использовались бы при рабочем проектировании как ограничительные перечни. Это позволит исключить расхождения между содержанием заказных ведомостей и рабочих чертежей (случается, что купленные верфью на основании заказных ведомостей материалы не обозначены в чертежах);

е) отсутствие роста производительности труда очень серьезное. Причина этого и отсутствие мотивации персонала производств – в современных условиях проще обосновать дополнительные затраты, чем исключить их. На многих предприятиях даже в условиях современного уровня использования информационных технологий производство получает план, обеспеченность которого материалами еще надо проверять. Это довольно сложно сделать. На большинстве заводов причины низкой производительности труда анализируются поверхностно (на уровне поиска виновных), а во многих случаях даже не признаются специалистами и руководителями, ссылаются на бенчмаркинг

*** Веселков В.В., Половинкин В.Н., Фомичев А.Б. Научные основы совершенствования и создания новых технологий корпусообработывающего производства современной судостроительной верфи.// Экспертный союз.– № 2.– URL: http://admship.ru/?page_id=8. Применяется в практике ООО «Балтийский завод-судостроение».– URL: <http://www.bz.ru/>.

* Информационные системы на отечественных судостроительных предприятиях.– URL: http://www.korabel.ru/news/comments/informacionnye_sistemy_na_otchestvennyh_sudostroitelnyh_predpriyatiyah_chast_1.html.

** АО «Адмиралтейские верфи». – URL: http://admship.ru/?page_id=8.

показателей постройки аналогичных заказов на отечественных предприятиях и за рубежом, при этом высказываются такие аргументы, как: «они не так считают производительность труда» или «у них лучше (новей) оборудование». Вместе с тем уровень мотивации сотрудников в значительной мере определяется уровнем менеджмента.

В этих условиях ожидания роста производительности труда за счет привлечения капиталовложений могут быть реализованы в редких случаях, так как уровню оборудования должен соответствовать уровень управления. Если уровень управления остается ненадлежащим, новое оборудование будет восприниматься как помеха «нормальной работе», возможны даже акты саботажа. Противодействовать «архаичному» уровню менеджмента необходимо не только постановкой задач руководством и повышением квалификации управленцев, но и поддержкой реальной конкуренции;

ж) важную роль в росте производительности труда при условии соответствующей мотивации персонала и руководителей могут сыграть методы управления качеством и инструменты бережливого производства;

з) конструкторы и технологи по существу финансируются за счет накладных расходов, их вклад в постройку заказов (в создание ценности) количественно не оценивается, так же как и влияние на производительность труда в основном производстве. Обеспечивающие подразделения заводов (конструкторы, технологи, служба закупок) работают по своим частным графикам, слабо связанным с производственными графиками. Естественно, это относится и к работе КБ. Выход из этой ситуации возможен за счет:

- введения внутреннего хозрасчета (бюджетирования) в любой форме, мотивирующей конструкторов и технологов на высокий уровень обеспечения производства и разумную оптимизацию собственных затрат (это далеко не всегда сокращение затрат);

- оценки качества работы не столько руководителей этих подразделений, сколько потребителей разрабатываемой ими информации – главным образом производства;

- стандартизации цикла подготовки производства с тем, чтобы работа не могла даже попасть в план, если по ней в нужном порядке не выполнен комплекс требуемых стандартов мер;

- разработки комплексных графиков строительства заказов, на основании которых можно планировать обеспечение работ основного производства заводов информацией (конструкторской и технологической), материалами, комплек-

тующими изделиями и изделиями собственного производства;

- определения в комплексных графиках «граничных условий» для КБ и обеспечивающих служб предприятия, позволяя им планировать собственную деятельность в интересах своих потребителей;

- формирования и внедрения в повседневную практику судостроительных предприятий «концепции стоимостного инжиниринга»*.

На практике действует правило: одни специалисты разрабатывают смету (калькуляцию, расчет стоимости), другие выполняют по ним работы, сталкиваясь со всеми проблемами, которые в расчеты стоимости заложены, но ничего уже изменить не могут. Кроме того, данная концепция исходит из того, что значительная часть расходов определяется качеством управления проектами и затратами на них. Как следствие появилась (сначала в США) профессия стоимостного инженера как специалиста, владеющего вопросами экономики и управления в равной степени и отвечающего в проекте как за оценки (расчет стоимости), так и за управление затратами в полном объеме, включая мониторинг и подготовку управленческих решений. Это может быть полезно во многих проектах, в которых команда проекта отвечает за бюджет. Опыт показывает, что часто у руководителей проектов и технических специалистов не хватает экономических знаний, а у сотрудников экономического отдела промышленного предприятия нет управленческой квалификации, знаний о действительном состоянии и реальных проблемах выполнения проектов и заказов предприятия. Да и мотивации на то, чтобы решать проблемы отдельных проектов у экономистов предприятия часто тоже недостаточно. Последние часто ориентированы на принципы бухгалтерского учета (важность которых не подлежит сомнению), тогда как в проектах намного важнее управленческий учет, основанный на несколько иных взглядах. Ряд крупных компаний строительного сектора России осваивают эту концепцию, ее начинают включать в программы обучения строительных вузов, и есть все основания полагать, что она будет полезна и в судостроении. Например, можно формировать «пилотные программы» по дополнительному образованию на базе кооперативного взаимодействия СПбГМТУ, АО «ЦНИИМФ», ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО «ЦКБ «Айсберг», ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

* Сайт российской ассоциации стоимостного инжиниринга. – <http://www.aace.ru/about-the-association-aace/cost-management-and-cost-engineering/>.

В рамках совершенствования нормативно-правовой базы в сфере ценообразования необходимо:

- ввести дифференцированные сроки предоставления расчетов прогнозных цен;

- предусмотреть возможность предоставления укрупненных расчетов, в частности, с использованием изделий-аналогов;

- оптимизировать объем и структуры представляемых данных;

- разработать методы расчета прогнозных цен;

- разработать систему контроля за уровнем и обоснованностью цен и затрат на всех стадиях жизненного цикла продукции;

- ввести специализированные индексы-дефляторы;

- совершенствовать подготовку отраслевых специалистов.

ИСТОЧНИКИ

1. Гинзбург А. И., Матвеева О. К. Экономическое обоснование проекта судна: Методические указания к дипломному проектированию. – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2008, 44 с.
2. Техничко-экономические характеристики судов морского флота. РД 31.03.01–90. Утв. Минморфлотом СССР. Введено в действие с 1 января 1991 г., 209 с. URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_17959.htm.
3. Письмо генерального директора ОАО «Адмиралтейские верфи» А. С. Бузакова от 21.01.2015 г. № 55/3 заместителю директора Департамента судостроительной промышленности и морской техники А. С. Воронцову, генеральному директору ОАО «ЦТСС» А. Н. Алешкину. – МПТ_ПП1119_ценообразование.
4. Постановление Правительства РФ от 13 декабря 2013 г. № 1155 «Об утверждении Положения о применении видов цен на продукцию по государственному оборонному заказу». URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/7043760/>.
5. Письмо генерального директора ОАО «Адмиралтейские верфи» А. С. Бузакова от 13.03.2015 г. № 55/3 и.о. директора Департамента судостроительной промышленности и морской техники Б. А. Кабакову. – МПТ_ПП1119_ценообразование.
6. Письмо генерального директора ОАО «Адмиралтейские верфи» А. С. Бузакова от 05.07.2013 г. № 55/3–180 президенту ОСК В. И. Шмакову «О представлении в Ваш адрес предложений по установлению условий и порядка применения видов цен на продукцию».
7. The Ship Research Institute of Norway «SFI Group System, A functional classification of the ship», Norwegian Shipping and Offshore Services AS, Oslo, Norway. URL: <http://www.spectec.net/en/maritime/sfi-codification-system.>■

Эволюция корпоративного управления затронула все мировое экономическое сообщество, большинство компаний стало переходить на управленческие стратегии бизнеса, дабы повысить эффективность деятельности компании.

В последнее время все больше внимания уделяется стоимости бизнеса. Особенно этим показателем интересуются акционеры и собственники компаний. Данные изменения произошли в связи со сменой парадигмы корпоративной финансовой политики. Финансовые стратегии, обусловленные фондовым рынком, пришли на смену стратегиям, ориентированным исключительно на максимизацию прибыли или расширение масштабов деятельности. В современных реалиях только компании, создающие стоимость для акционеров, могут получить доступ к инвестиционным ресурсам. Кроме того, значительно возросла роль финансового управления как комплексного инструментария, позволяющего создать систему управления предприятием на основе системы сбалансированных показателей.

Как известно, существуют три группы показателей для расчета стоимости компании:

- показатели, основанные на денежных потоках;
- показатели, основанные на остаточной прибыли;
- показатели, основанные на рыночных индикаторах.

При этом для расчета внутренней стоимости капитала предприятия используются операционный (при котором стоимость компании рассчитывается как разность между дисконтированными будущими поступлениями и будущими выплатами) и капитальный (стоимость компании составляют будущие дисконтированные поступления собственникам бизнеса) подходы (табл.).

Таким образом, стоимость компании можно определить как сумму стоимостей собственного капитала и долга компании.

В соответствии с отраслевыми особенностями финансово-хозяйственной деятельности любого судостроительного предприятия необходимо обратить особое внимание на факторы, которые существенно влияют на выбор структуры капитала предприятия, а именно: рентабельность производства в соответствии с уровнем и динамикой спроса на

ФИНАНСОВАЯ ПОЛИТИКА И ОЦЕНКА БИЗНЕСА В СУДОСТРОЕНИИ

А.В. Иванкович, канд. эконом. наук, начальник бюро финансового контроля, планирования и анализа АО «Адмиралтейские верфи», контакт. тел. +7 (921) 277 0968, (812) 714 8575

производимую продукцию, структуру и рентабельность активов, влияние операционного рычага, ликвидность предприятия, условия асимметричности информации на рынке, условия налоговой политики и др.

Однако для того, чтобы понять, насколько эффективна финансовая стратегия предприятия, недостаточно рассчитать его стоимость. Существуют множество дополняющих необходимых показателей, как оперативных, так и стратегических, которые помогут менеджменту выявить любые изменения стоимости компании и будут способствовать своевременной корректировке финансовой политики.

Финансовая политика компании представляет собой систему целевых установок и методов ее развития, достижения целей путем эффективного использования средств. Принято считать, что основными целями финансовой политики компании являются:

- обеспечение производственного процесса денежными ресурсами и минимизация рисков возникновения просроченных долгов;
- максимизация прибыли;
- оптимизация структуры капитала;
- обеспечение финансовой устойчивости общества при различных внешних (рыночных) факторах влияния;
- формирование механизма управления долгом на основе контроля финансовых соотношений (коэффициентов).

Возьмем за базис определение стоимости компании на основе воздействия финансового рычага:

$$V_{FL} = \frac{NOPLAT}{WACC}, \quad (1)$$

где NOPLAT (Operating Profit Less Adjusted Tax) – чистая операционная прибыль за вычетом скорректированных налогов; WACC (Weighted Average Cost

of Capital) – средневзвешенная стоимость капитала.

В целях упрощения при построении модели примем, что:

$$NOPLAT = EBIT \times (1 - T). \quad (2)$$

Тогда в соответствии с моделью баланса и отчета о прибылях и убытках

$$EBIT = EBT + IE, \quad (3)$$

где EBIT (Earnings before Interest and Taxes) – прибыль до выплаты процентов по обязательствам и налогов; IE (Interest Expense) – нетто проценты; T – фактическая ставка налога на прибыль.

Для расчета WACC воспользуемся следующей моделью:

$$WACC = \frac{E}{E+D} r_e + \frac{D}{E+D} r_d \times (1 - T), \quad (4)$$

где E (Equity) – собственный капитал; D (Debt) – заемный капитал; r_e – стоимость собственного капитала; r_d – стоимость привлеченного заемного капитала.

Очевидно, что на стоимость бизнеса и на рентабельность собственного капитала непосредственно влияет стоимость привлечения заемного капитала.

Следовательно, для того чтобы модель отражала достоверные результаты, необходимо соблюдение ряда принципов:

- 1) планирование, т.е. своевременное определение объема и сроков заимствований на основе долгосрочного и среднесрочного планирования денежных потоков, анализа финансового состояния;
- 2) формирование и сохранение репутации заемщика, т.е. строгое соблюдение графиков уплаты процентов и комиссий, погашение привлеченных кредитных средств в установленные сроки;
- 3) выбор наилучших банков;
- 4) диверсификация рисков, распределение долга по банкам – привлечение кредитов в различных кредитных организациях;
- 5) минимизация стоимости заимствований – постоянный мониторинг рыночной конъюнктуры и снижение стоимости обслуживания кредитов;
- 6) поддержание баланса валютных позиций – привлечение кредитов в иностранной валюте для финансирования контрактов с расчетами в той же иностранной валюте, привлечение кредитов в рублях для финансирования контрактов с российскими заказчиками с целью нивелирования валютных рисков и непрогнозируемых затрат;

Таблица
Методы оценки внутренней стоимости собственного капитала

Операционный подход	Капитальный подход
Метод дисконтирования остаточной операционной прибыли $V_K = CK_t + \sum (ООП_t / (1 + r_{CK})^n)$	Метод дисконтирования остаточной чистой прибыли $V_K = CK_t + \sum (ОЧП_t / (1 + r_{CK})^n)$
Метод дисконтирования свободных денежных потоков (СДП) $V_K = \sum (СДП_t / (1 + WACC)^n) - D$	Метод дисконтирования дивидендов $V_K = \sum (D_t / (1 + r_{CK})^n)$

7) ограничение на предоставляемое обеспечение – предоставление обеспечений по кредитам в виде гарантий или поручительств Правительства РФ, гарантий или поручительств уполномоченных агентов Правительства РФ, гарантий (поручительств) администраций субъектов РФ;

8) гибкость – стремление сохранять право на досрочное погашение долга без комиссий и иметь широкие возможности по срокам выборки кредитных средств.

При этом если управление краткосрочным заемным капиталом осуществляется в рамках управления текущей ликвидностью, то финансирование в части долгосрочного заемного капитала должно осуществляться с учетом наличия источников погашения долга, адекватных по объемам, срокам возникновения, виду валюты. Конечно, привлечение суммарного заемного капитала возможно в рамках предельного значения (лимита) долговой нагрузки предприятия. Исключение может составлять привлечение заемных средств в рамках специальных кредитных схем финансирования.

Для оценки эффективности имеющихся заимствований и возможности предприятия рассчитаться по своим долговым обязательствам необходимо регулярно проводить финансовый анализ на основе операционной информации, принимая во внимание отраслевые особенности судостроения:

- длительный производственный цикл создания продукции;
- значительную потребность в денежных средствах на этапе подготовки производства к постройке судостроительного заказа и на начальных этапах строительства;
- высокий уровень долгосрочной дебиторской задолженности в виде выданных авансов поставщикам оборудования и комплектующих изделий, имеющих длительный цикл изготовления;
- недостаточный объем авансовых платежей от заказчиков в части контрактов в рамках военно-технического сотрудничества и, как следствие, появление кассовых разрывов;
- применение кредитной схемы финансирования контрактов в рамках государственного оборонного заказа и относительно высокая доля полученных авансов до сдачи судостроительного заказа без поэтапного финансирования и закрытия построенных работ – значительный объем долгосрочной кредитной задолженности и задолженности в части полученных авансов;
- субсидирование со стороны заказчика процентных расходов по кре-

дита, привлеченным в рамках государственных контрактов под выполнение ГОЗ.

Несмотря на описанные отраслевые особенности, для успешной финансовой деятельности любого предприятия, необходимо выполнение нескольких условий: первое – наличие требуемого уровня доходности для сохранения финансовой устойчивости; второе – поддержание уровня ликвидности и рентабельности собственного капитала. Коэффициент ликвидности должен соответствовать нормативам, а значение коэффициента рентабельности собственного капитала определяется внутренними документами, разработанными на предприятии; третье – сохранение уровня требуемой стоимости заемного капитала; четвертое – поддержание установленной величины собственного капитала компании, так как она должна иметь достаточно средств, чтобы отвечать по обязательствам.

Для того чтобы выполнить все вышеизложенные условия и объективно оценить финансовое состояние предприятия и определить уровень его кредитоспособности, рассчитывают следующие показатели:

1. Коэффициент долговой нагрузки; используется для оценки платежеспособности – способности предприятия обслуживать и погашать обязательства по своему кредитному долгу в полном объеме за счет операционного денежного потока без дополнительной реализации активов. Коэффициент характеризует способность предприятия справиться с процентным долгом, имея определенную покрытую денежным потоком прибыль.

Таким образом, для определения лимита по покрытию долга предприятие рассчитывает коэффициент долговой нагрузки

$$K_{ND} = \frac{ND}{EBITDA}, \quad (5)$$

где ND (Net Debt) – чистый долг, который определяется следующим образом:

$$ND = LTD + STD - C. \quad (6)$$

Здесь LTD (Long Term Debt) – долгосрочные обязательства; STD (Short Term Debt) – краткосрочные обязательства; C (Cash and Cash Equivalents) – денежные средства и их эквиваленты.

С учетом специфики экономики судостроительного предприятия для получения объективных данных целесообразно откорректировать показатель: при его расчете не учитывать долг, проценты по которому компенсируются заказчиком судна, не учитывать денежные средства на специальных счетах со специальным режимом использования:

$$K_{ND}^m = \frac{ND_m}{EBITDA}. \quad (7)$$

Модифицированный показатель чистого долга ND_m рассчитывается по следующей формуле:

$$ND_m = LTD + STD - C - S. \quad (8)$$

В данном выражении параметр S – денежные средства со специальным режимом использования (субсидированный долг, денежные средства на специальных счетах).

На основании проведенного анализа отчетности предприятий судостроения и машиностроения целесообразно установить рекомендуемое значение модифицированного коэффициента долговой нагрузки в размере 3, т.е. величина скорректированного чистого долга общества не должна превышать 3 EBITDA за последние четыре квартала.

2. Коэффициент покрытия обслуживания долга DSCR (Debt service coverage Ratio); используется для оценки и регулирования уровня процентной нагрузки на предприятие. Если отсрочка или рефинансирование основной суммы долга может объясняться изменением финансовых планов компании или временными трудностями, то нарушение обязательств по выплате процентов – серьезный признак фактического дефолта компании.

Для определения лимита по покрытию обслуживания долга рассчитывается следующий коэффициент:

$$DSCR = \frac{EBITDA}{I_L}, \quad (9)$$

где I_L – проценты по кредитам за последние четыре квартала.

С учетом специфики экономики судостроительного предприятия для получения объективной картины необходимо произвести определенную корректировку (модификацию) показателя, а именно, при его расчете не учитывать проценты, которые компенсируются заказчиком судна. Таким образом, данный коэффициент регулирует уровень некомпенсируемой (несубсидируемой) процентной нагрузки.

Для определения модифицированного коэффициента по покрытию обслуживания долга используется следующая формула:

$$DSCR_m = \frac{EBITDA}{I(S)_L}, \quad (10)$$

где $I(S)_L$ – проценты по кредитам за последние четыре квартала за вычетом субсидируемых процентов.

На основании проведенного анализа отчетности предприятий судостроения и машиностроения целесообразно установить рекомендуемое значение модифицированного коэффициента по покрытию обслуживания долга в размере 5, т.е. рекомендуемый лимит по покрытию обслуживания долга с учетом предложенных корректировок определяется следующим образом: скорректированная величина

процентов не должна превышать 1/5 EBITDA за последние четыре квартала.

Таким образом, определив основные условия, влияющие на стоимость компании, автор считает необходимым применение предложенных модифицированных коэффициентов для уточненной оценки финансового состояния и эффективности финансовой политики предприятия. Это позволит не просто выявить существующие проблемы платежеспособности и ликвидности пред-

приятия, но и установить, чем они вызваны, а также учесть факторы стоимости заемных средств, требуемого дохода для данного уровня долговой нагрузки, обеспечение обязательств собственными средствами и вероятность рисков и форс-мажорных обстоятельств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Д.Л. Управление стоимостью: показатели и модели оценки. // Россий-

ский журнал менеджмента. – 2005. – №4. – С. 25–32.

2. Осипов Я.И. Финансовая стратегия компании и модель EVA // Российское предпринимательство. – 2011. – №. Вып. 1. – С. 66–71.
3. Шеряй К.И. Оценка эффективности функционирования компании на основе динамики ее внутренней стоимости // Экономический анализ: теория и практика. – 2011. – № 36 (243). – С. 61–64. ■

Александр Николаевич Алёшкин родился 15 января 1952 г. в Вологде. В 1974 г. он закончил Ивановский энергетический институт по специальности «Автоматизация энергетических процессов» и по распределению был направлен на работу в Северодвинск Архангельской области на машиностроительное предприятие «Звёздочка», где с 1974 по 2002 г. прошел профессиональный путь от помощника мастера до заместителя генерального директора.

С 2004 по 2016 г. Александр Николаевич работал в АО «ЦТСС» директором ПФ «Союзпроектверфь», а затем возглавил предприятие в должности генерального директора АО «ЦТСС», которое выполняло ответственные государственные заказы и принимало активное участие в реализации ряда Федеральных целевых программ, в том числе: «Национальная технологическая база», «Развитие гражданской морской техники» и др.

Под руководством А.Н. Алёшкина был разработан ряд проектов реконструкции и технического перевооружения производственных мощностей дальневосточного завода «Звезда», Центра судоремонта «Звёздочка», Средне-Невского судостроительного завода, проект реконструкции ФГУП «Крыловский государственный науч-



ный центр», ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», Концерна «ЦНИИ «Электроприбор». Большой вклад А.Н. Алёшкин лично внес в реконструкцию наливного бассейна на ПО «Севмаш» для обеспечения строительства и вывода МЛСП «Приразломная».

К 65-ЛЕТИЮ А.Н. АЛЁШКИНА

При непосредственном участии Александра Николаевича впервые в России введена в эксплуатацию первая очередь пункта долговременного хранения реакторных отсеков утилизируемых атомных подводных лодок в губе Сайда Мурманской области и др.

В 2015 г. Александр Николаевич был избран президентом Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и успешно возглавлял ее до 2016 г.

Руководство Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и дирекция Центра технологии судостроения и судоремонта сердечно поздравляют Александра Николаевича с 65-летием и желают ему крепкого здоровья, благополучия, дальнейшего процветания и творческих успехов!

Редакция и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям и желает Александру Николаевичу доброго здоровья и успехов в его деятельности. ■



Очистка масел турбинных установок транспортного типа – неотъемлемая часть работы, обеспечивающей безаварийность этих агрегатов. Проблема очистки турбинных масел, связанная с надежностью работы турбоагрегатов – обязательная техническая задача. Предлагаемые к очистке жидкости, а именно турбинные масла, отличаются по своим физико-химическим свойствам. Жидкости, содержащие механические частицы и воду, могут образовывать суспензии и эмульсии. Причем последние могут быть стойкими и не разрушаться гравитационным способом в течение длительного времени. Процесс разделения этих смесей зависит не только от свойств жидкости, но и от свойств механического загрязнителя. Некоторые турбинные масла обладают плотностью, близкой к плотности воды, и высокой вязкостью. Это вносит дополнительные требования к оборудованию. Технологические особенности очистки турбинных масел с полимерными фильтроэлементами рассмотрим на примере наиболее распространенных марок, таких как Тп-22, Тп-46 и Б-3В. Основные свойства этих масел приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, отличительной чертой этих масел является плотность, близкая к плотности воды, особенно масло Б-3В, и кинематическая вязкость.

Ниже приведен график изменения плотности масла Б-3В.

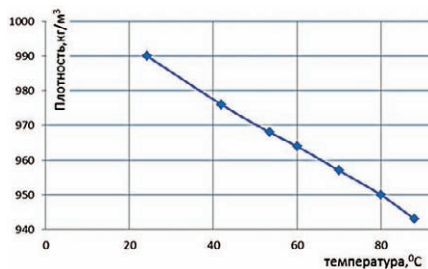


Рис. 1. Экспериментальная зависимость плотности масла Б-3В

Исследования, проведенные при определении технологии очистки турбинных масел, показали, что при увеличении температуры плотность масла уменьшается. Это обстоятельство очень важно при отделении воды. Разность плотностей

$$\Delta\rho = (\rho_{\text{воды}} - \rho_{\text{м}}),$$

где $\rho_{\text{воды}}$ – плотность воды; $\rho_{\text{м}}$ – плотность масла при заданной температуре.

Плотность масел

Марка турбинных масел	Норматив	Плотность при 20°C, кг/см³	Кинематическая вязкость, сСт	Примечание
Тп-22	ГОСТ 9972-74	0,895	28,8–35,2*	При 40°C
Тп-46	ГОСТ 9972-74	0,895	61,2–74,8*	При 40°C
Б-3В	ТУ38.101295-85	0,980–0,997	5,0*	При 100°C

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ ТУРБИНЫХ МАСЕЛ ПОЛИМЕРНЫМИ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТАМИ

С.К. Шин, вед. инженер-конструктор
ООО «Винета»,
контакт. тел. +7 (911) 987 7401

Определяем эффективность очистки масла от воды.

Влияние разницы плотностей хорошо видно на графиках очистки масла Тп46 от воды при различных температурах (рис. 2 и рис. 3).

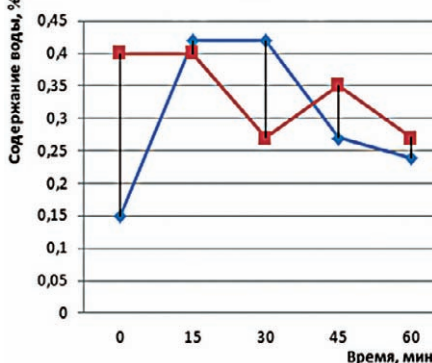


Рис. 2. Содержание воды в масле при 20°C до фильтра (→), и после него (←), %

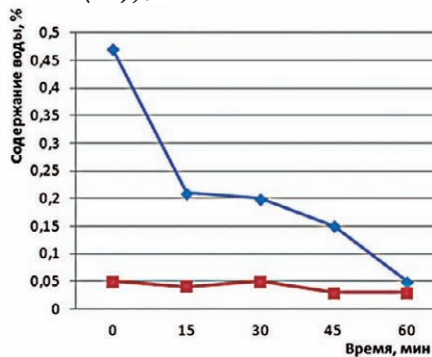


Рис. 3. Содержание воды в масле при 75°C до фильтра (→), и после него (←), %

Эти графики позволяют оценить эффективность очистки масла от воды при различных температурах. Так, при работе установки в течение 60 минут основное содержание воды в масле при 20°C составляет 0,24 %, при температуре 75°C – 0,03 %.

Таблица 1

Опыты показали, что оптимальная температура нагрева турбинных масел находится в диапазоне 70–75°C. Первым этапом технологического процесса очистки является нагрев очищаемого продукта до температуры 70–75 °С.

Второй этап очистки – прохождение очищаемого продукта через пористый фильтроэлемент, который обладает свойствами, позволяющими осуществить процесс коалесценции водяных капель. При прохождении по каналам поток жидкости ламинарен, т.е. линии потока параллельны друг другу. Под действием силы тяжести микрокапли воды скапливаются в нижней части канала и за счет сил поверхностного натяжения превращаются в макрокапли. Под действием внешнего гидродинамического давления эти макрокапли образуют линии потока. Таким образом происходит разделение воды и очищаемой жидкости.

Условие этого процесса можно записать следующим образом:

$$Re_1 < Re_{кр},$$

где Re_1 – значение числа Рейнольдса в канале; $Re_{кр}$ – критическое значение числа Рейнольдса.

На основе этого условия определяются расход жидкости, диаметр пор, величина пористости и, в конечном итоге, геометрические размеры фильтроэлементов. Отличительной технологической особенностью очистки при помощи полимерных фильтрующих элементов является отсутствие вращающихся частей конструкции блоков сепарации. Это позволяет очищать жидкости с близкими значениями плотностей, а также жидкостей, образующих стойкие водомасляные эмульсии. Это хорошо видно на примере очистки масла Б-3В от воды и механических примесей. Другой особенностью является непрерывность работы блоков сепарации, так как механические примеси удаляются вместе с водой, попадая в специальный отстойник, откуда они удаляются в цистерну отходов судна автоматически.

На основании описанной выше технологии была разработана линейка оборудования для очистки турбинных масел, которое выпускается серийно. ■

В работах [1, 2] показано, что наиболее слабым узлом, определяющим ресурс аксиально-поршневых насосов и гидромоторов с плоским распределением (далее – гидромашины), являются подшипники главного вала, работающие при переменных скоростях и нагрузках под воздействием вибрации и гидроударов. В дальнейших рассуждениях будем исходить из этого положения.

Известно [3], выбор подшипников выполняется по формуле:

$$C = Q \cdot (n \cdot h)^{0,3},$$

тогда:
$$h = \frac{1}{n} \left(\frac{C}{Q} \right)^{3,33},$$

где C – коэффициент работоспособности подшипника; Q – условная нагрузка на подшипник; n – скорость вращения вала гидромашин, об/мин; h – ресурс работы подшипника, ч.

Допустим, что при определенных значениях коэффициента работоспособности – C_0 , условной нагрузки – Q_0 и скорости вращения n_0 реализуется основной режим работы гидромашин, обеспечивающий ресурс – h_0 . При сохранении значений C_0 и Q_0 и произвольной скорости вращения – n_i ресурс работы будет – h_i .

В этом случае

$$h_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{C_0}{Q_0} \right)^{3,33}; h_i = \frac{1}{n_i} \left(\frac{C_0}{Q_0} \right)^{3,33}.$$

Поделив уравнения друг на друга почленно, получим: $\frac{h_0}{h_i} = \frac{n_i}{n_0}$.

Тогда:

$$h_i = h_0 \cdot \frac{n_0}{n_i}. \quad (1)$$

Формула (1) позволяет определить ресурс подшипника в произвольном режиме, отличном от основного.

Довольно часто встречаются задачи [4], когда при известных h_i и n_i необходимо найти эквивалентное время работы в условиях, при которых реализуется основной расчетный режим – $X(n_0)$. Воспользовавшись формулой (1) и проведя промежуточные преобразования, получим:

$$X(n_0) = h_i(n_i) \cdot \frac{n_i}{n_0}. \quad (2)$$

Рассмотрим алгоритм расчета эквивалентного времени работы гидромашин на следующем примере.

Основной расчетный режим гидромашин: $n_0 = 1500$ об/мин, $h_0 = 2000$ ч. Необходимо определить ресурс – h_i при $n_i = 1000$ об/мин, а также рассчитать эквивалентное время работы в основном рабочем режиме – $X(n_0)$, соответствующее работе гидромашин в течение $h_i(n_i) = 400$ ч при $n_i = 1000$ об/мин.

В соответствии с выражением (1) запишем:

$$h_i = h_0 \cdot \frac{n_0}{n_i} = 2000 \cdot \frac{1500}{1000} = 3000 \text{ ч.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА ГИДРОМАШИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ВРЕМЕНИ РАБОТЫ

Ю.В. Копытов, гл. конструктор ЗАО «ЦНИИ СМ»,
В.Ю. Каминский, канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией,
Д.А. Скороходов, д-р. техн. наук, проф., гл. научный сотрудник,
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук,
контакт. тел. (812) 640 1051, 321 9568, +7 (911) 749 2708

По формуле (2) находим эквивалентное время работы

$$X(n_0) = h_i(n_i) \cdot \frac{n_i}{n_0} = 400 \cdot \frac{1000}{1500} = 267 \text{ ч.}$$

Рассмотрим сценарии, при которых подшипник работает при различных условных нагрузках Q_i и одной и той же скорости вращения вала n . Тогда:

$h_0 = \frac{1}{n} \left(\frac{C}{Q_0} \right)^{3,33}$ – основной расчетный режим,

$h_i = \frac{1}{n} \left(\frac{C}{Q_i} \right)^{3,33}$ – произвольный режим при нагрузке Q_i .

Поделив почленно уравнение одно на другое, получим:

$$\frac{h_i}{h_0} = \left(\frac{Q_0}{Q_i} \right)^{3,33} \text{ или } h_i = h_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_i} \right)^{3,33}. \quad (3)$$

Для определения эквивалентного времени работы подшипника в основном режиме $X(Q_0)$ получим следующую зависимость:

$$X(Q_0) = h_i(Q_i) \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_i} \right)^{3,33}.$$

Поскольку условные нагрузки Q_0 и Q_i пропорциональны рабочему давлению P_0 и P_i , можем записать: $\frac{Q_i}{Q_0} = \frac{P_i}{P_0}$ и

$$X(P_0) = h_i(P_i) \cdot \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{3,33}. \quad (4)$$

Введем коэффициент $m = \frac{P_i}{P_0}$ и перепишем формулы (3), (4):

$$h_i = \frac{h_0}{m^{3,33}}, \quad (5)$$

$$X(P_0) = h_i(P_i) \cdot m^{3,33}. \quad (6)$$

Рассмотрим алгоритм расчета эквивалентного времени на следующем примере.

Основной расчетный режим гидромашин: рабочее давление – $P_0 = 100$ кг/см²; ресурс при данном давлении – $h_0 = 2000$ ч. Необходимо определить ресурс h_i при работе на давлениях $P_1 = 140$ кг/см², $P_2 = 60$ кг/см² а также найти эквивалентное время работы гидромашин $X(P_3)$ при давлении $P_2 = 60$ кг/см² в течение $h_3 = 550$ ч.

Итак, рассчитаем коэффициенты m_i :

$$m_1 = \frac{140}{100} = 1,4;$$

$$m_2 = \frac{60}{100} = 0,6;$$

$$m_3 = \frac{120}{100} = 1,2.$$

В соответствии с формулой (5) вычислим h_i :

$$h_1 = \frac{h_0}{m_1^{3,33}} = \frac{2000}{1,4^{3,33}} = 654 \text{ ч;}$$

$$h_2 = \frac{h_0}{m_2^{3,33}} = \frac{2000}{0,6^{3,33}} = 11\,000 \text{ ч.}$$

Воспользуемся формулой (6):

$$X(P_3) = h_3(P_3) \cdot m_3^{3,33} = 550 \cdot 1,2^{3,33} = 1008 \text{ ч.}$$

Поскольку в исследуемых гидромоторах угол наклона оси блока постоянный, условная нагрузка зависит только от величины давления, и, следовательно, ресурс работы гидромоторов определяется изменением двух параметров – давления и скорости вращения вала. У насоса скорость вращения вала постоянна, а условная нагрузка меняется не только в зависимости от давления, но и от производительности, определяемой углом поворота люльки насоса (табл. 1), так как каждому положению последней соответствует определенная величина и схема разложения сил, действующих на подшипник [5].

Основной расчетный режим насоса характеризуется рабочим давлением жидкости – P_0 и углом поворота люльки – $q_0 = 30^\circ$ (соответствующий номинальной производительности насоса).

Найдем величину условной нагрузки – Q_0 и основной расчетный ресурс подшипника – h_0 .

Предыдущие рассуждения при получении формул (5) и (6) приведены с учетом неизменной скорости вращения вала машины (насоса). Воспользуемся предложенной логикой анализа и запишем:

$$h_i(q_i) = h_0(q_0) \cdot \left(\frac{Q_0(q_0)}{Q_i(q_i)} \right)^{3,33}; \quad (7)$$

Отношение величин условных нагрузок подшипников насосов при различных углах поворота люльки к величине условной нагрузки при 30° поворота люльки (номинальной производительности)¹

Номер насоса	Условная нагрузка, Q_i				$\frac{Q_i}{Q_{30^\circ}}$			
	Q_{0°	Q_{10°	Q_{20°	Q_{30°	$\frac{Q_{0^\circ}}{Q_{30^\circ}}$	$\frac{Q_{10^\circ}}{Q_{30^\circ}}$	$\frac{Q_{20^\circ}}{Q_{30^\circ}}$	$\frac{Q_{30^\circ}}{Q_{30^\circ}}$
1 ²	1385	1455	1562	1638	0,845	0,888	0,953	1
2	2170	2300	2480	2605	0,833	0,883	0,952	1
3	3005	3160	3370	3510	0,856	0,900	0,960	1
Средние значения					0,845	0,890	0,955	1
4	4085	4040	3840	3550	1,151	1,138	1,081	1
5	3870	3810	3640	3355	1,153	1,136	1,085	1
Средние значения					1,152	1,137	1,083	1

$$X(q_0) = h_i(q_i) \cdot \left(\frac{Q_i(q_i)}{Q_0(q_0)} \right)^{3,33} \quad (8)$$

$$\text{Введем коэффициент } W = \frac{Q_i(q_i)}{Q_0(q_0)},$$

представляющий отношение величин условной нагрузки при различных углах поворота люльки $Q_i(q_i)$ к условной нагрузке $Q_0(q_0)$, соответствующей максимальному углу поворота люльки насоса ($q_0 = 30^\circ$) для основного расчетного режима.

С учетом введенных обозначений перепишем формулы (7) и (8):

$$h_i(q_i) = \frac{h_0(q_0)}{W^{3,33}}; \quad (9)$$

$$X(q_0) = h_i(q_i) \cdot W^{3,33}. \quad (10)$$

При выполнении расчетов в полученных формулах в качестве аргументов вместо углов q_i можно использовать производительность насоса в относительных или абсолютных единицах, принимая во внимание, что максимальная производительность соответствует углу q_0 . Значение коэффициента W в зависимости от производительности задается графически.

Рассмотрим примеры использования полученных формул.

Пусть насос при основном расчетном режиме ($P = 100$ кг/см², производительность – максимальная) имеет ресурс $h_0 = 390$ ч.

Рассчитать ресурс насоса h_i , работающего при 35% производительности.

При заданных условиях $W = 0,898$. Подставляя исходные данные в формулу (9), получим:

$$h_i(q_i) = h_0(q_0) \cdot \left(\frac{Q_0(q_0)}{Q_i(q_i)} \right)^{3,33} = \left(\frac{1}{W} \right)^{3,33} = \frac{390}{0,699} = 558 \text{ ч.}$$

В следующем примере необходимо рассчитать эквивалентное время основного режима при работе насоса в течение

$h_i = 700$ ч при 18% производительности. Для указанного случая $W = 0,870$.

$$X(q_0) = h_i(q_i) \cdot W^{3,33} = 700 \cdot 0,629 = 440 \text{ ч.}$$

Приведенные зависимости позволяют также вычислять эквивалентное время, соответствующее основному расчетному режиму при работе насосов или гидромоторов с различными параметрами и в различных режимах и, тем самым, заранее определять соответствие расчетного (располагаемого) ресурса потребному.

Рассмотрим алгоритм использования приведенных формул на следующих примерах.

Режимы работы насоса представлены в табл. 2.

Режимы работы насоса

Номер режима	Производительность, %	Давление, кг/см ²	Время работы, ч	Коэффициент W
1	30	120	250	0,890
2	50	40	500	0,922
3	60	75	600	0,938
4	100	160	3	1

Общее календарное время работы насоса составило:

$$250 + 500 + 600 + 31353 \text{ ч.}$$

Основной расчетный режим насоса характеризуется максимальной производительностью при давлении $P_0 = 100$ кг/см². При таких параметрах ресурс насоса составляет 1350 ч. Требуется определить эквивалентное время работы на основном расчетном режиме, соответствующее условиям, приведенным в табл. 1. Решим задачу в два этапа.

1. Определение эквивалентного времени работы насоса по давлению.

Рассчитаем коэффициенты $m_i = \frac{P_i}{P_0}$.

$$\text{Например, } m_1 = \frac{P_1}{P_0} = \frac{120}{100} = 1,2.$$

Воспользуемся формулой:

$$X(P_0) = h_i(P_i) \cdot \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{3,33}$$

$$X_1(P_0) = h_1(P_1) \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{3,33} = 250 \cdot 1,2^{3,33} = 459 \text{ ч.}$$

Результаты поместим в табл. 3.

Таблица 3

Эквивалентное время работы насоса с учетом давления

Номер режима	Коэффициент m	Эквивалентное время $X_i(P_0)$, ч
1	1,2	459
2	0,4	24
3	0,75	228
4	1,6	14,9

2. Приведение результатов к эквивалентному времени по производительности насоса.

Расчеты выполним по формуле $X_i(q_0) = X_i(P) \cdot W^{3,33}$. Например,

$$X_1(q_0) = X_1(P) \cdot W^{3,33} = 459 \cdot 0,89^{3,33} = 311 \text{ ч.}$$

Результаты поместим в табл. 4.

Таблица 4

Эквивалентное время работы насоса

Номер режима	Эквивалентное время $X(q_0)$, ч
1	311
2	18
3	182
4	14,9
Сумма	525,9

Таблица 2

Сравнение ресурса насоса (1350 ч) с эквивалентным временем эксплуатации показывает, что насос обладает значительным запасом по ресурсу.

Еще один пример оценки ресурса гидромотора.

Общее календарное время работы гидромотора составило:

$$23 + 138 + 1870 + 24504 = 481 \text{ ч.}$$

Основной расчетный режим гидромотора: работа при максимальной скорости вращения и давлении 100 кг/см², ресурс при этих параметрах – 1965 ч.

Определить эквивалентное время работы на основном расчетном режиме, соответствующее условиям, приведенным в табл. 5.

¹Давление нагнетания, при котором определялись условные нагрузки, составляет 100 кг/см². Давление всасывания – 10 кг/см².

²Для насосов 1–3 условные нагрузки определялись для дуплексированных радиально-упорных подшипников, несущих радиальные и осевые нагрузки. Для насосов 4–5 условные нагрузки определялись для радиально-упорного подшипника, несущего только осевую нагрузку.

Таблица 5

Режимы работы гидромотора

Номер режима	Частота вращения, об/мин	Давление, кг/см ²	Время работы, ч
1	980	140	23
2	600	120	138
3	400	80	1870
4	800	60	2450

Задача решается в два этапа.

1. Определение эквивалентного времени работы гидромотора по давлению (первый этап).

Рассчитаем коэффициенты $m_i = \frac{P_i}{P_0}$.

Например, $m_1 = \frac{P_1}{P_0} = \frac{140}{100} = 1,4$.

Воспользуемся формулой

$$X(P_0) = h_i(P_i) \cdot (m_i)^{3,33}$$

Тогда

$$X_1(P_0) = h_1(P_1) \cdot (m_1)^{3,33} = 23 \cdot 1,4^{3,33} = 70 \text{ ч.}$$

Результаты поместим в табл. 6.

Таблица 6

Эквивалентное время работы с учетом давления

Номер режима	Коэффициент m	Эквивалентное время, $X_i(P_0)$, ч
1	1,4	70
2	1,2	25,25
3	0,8	14,9
4	0,6	446

Благодаря федеральным программам импортозамещения и расходам на перевооружение в РФ в последнее время достигнут прогресс в области электротехники для силовых устройств морских объектов: успешно создаются отечественные электрические машины – генераторы и гребные электродвигатели для ледоколов и подводных лодок, также виден прогресс в импортозамещении других силовых устройств. Тем не менее многие заказчики пока с недоверием относятся к отечественной продукции, предпочитая электроаппаратуру иностранного производства («Siemens», «ABB», «Schneider Electric» и т. п.). Зачастую такая позиция обосновывается компаниями-заказчиками тем, что близкие отечественные аналоги выпускаются для общепромышленного применения и, соответственно, не выдерживают механических и климатических внешних воздействий, присущих шельфовым объектам и морским судам. Кроме того, в большинстве случаев общепромышленное оборудование имеет средние электрические показатели, например коммутационную способность выключателей, и в мощных единичных

2. Приведение результатов к эквивалентному времени по скорости вращения вала гидромотора (второй этап).

Расчеты выполним по формуле

$$X_i(n_0) = X_i(P_0) \cdot \frac{n_i}{n_0}$$

$$X_1(n_0) = X_1(P_0) \cdot \frac{n_1}{n_0} = 70 \cdot \frac{980}{980} = 70 \text{ ч.}$$

Результаты поместим в табл. 7.

Таблица 7

Эквивалентное время работы гидромотора

Номер режима	Эквивалентное время, $X_i(n_0)$, ч
1	70
2	15,4
3	363
4	389
Сумма	837,4

Сравнение ресурса гидромотора (1965 ч) с эквивалентным временем эксплуатации показывает, что гидромотор обладает значительным запасом по ресурсу.

ВЫВОДЫ

1. Опыт эксплуатации оборудования показывает, что ресурс гидромашин может меняться в широких пределах в зависимости от условий эксплуатации.
2. Представленные формулы позволяют определять и назначать режимы

работы гидромашин, необходимые для ускоренных ресурсных испытаний последних.

3. Разработанный алгоритм может быть использован при исследовании гидромашин, построенных по другим конструктивным силовым схемам, а также, при определении ресурса механизмов, в которых применяются насосы типа ПД и гидромоторы типа ПМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копытов Ю. В., Скороходов Д. А. Определение ресурса насосов в различных режимах работы // Морской вестник. – 2015. – № 1 (53). – С. 52–54.
2. Самсонов А. В., Копытов Ю. В., Каминский В. Ю. Принципы определения долговечности насосов переменной производительности в составе рулевых машин // Морской вестник. – 2016. – № 2 (58). – С. 59–63.
3. Черменский О. Н., Федотов Н. Н. Подшипники качения: Справочник-каталог. – М.: Машиностроение – 2003. – № 1. – С. 576.
4. Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы. Учебник для машиностроительных вузов // – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение. – 1982. – С. 423.
5. Малюшенко В. В., Михайлов А. К. Энергетические насосы. Справочное пособие. – М.: Энергоиздат. – 1981. – С. 200. ■

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ: ОПЫТ АО «НОВАЯ ЭРА»

*С. С. Стародед, канд. техн. наук, начальник отдела,
А. А. Неёлов, начальник сектора,
АО «Новая Эра»,
контакт. тел. (812) 740 5052*

электроэнергетических системах просто не могут быть применены.

Для оборудования морских объектов требуется оборудование повышенной надежности и увеличенного ресурса, в связи с чем контроль качества его изготовления также должен быть выше, чем общепромышленных изделий. На промышленных предприятиях нашей страны подобный контроль качества способен обеспечить военная приемка.

Институт военных представителей был широко развит в СССР, но в пост-

перестроечные времена его роль сильно снизилась. В ходе реорганизации и модернизации армии и флота выяснилось, что без надзора военной приемки на всех стадиях производства как аппаратуры в целом, так и отдельных элементов этой аппаратуры практически невозможно добиться требуемых показателей надежности в тяжелых условиях эксплуатации военной техники. В связи с этим в последнее время Министерства обороны России в полной мере возродило военную приемку, что не могло не сказаться на качестве разра-

батываемых и ставящихся на серийное производство изделий.

Следует отметить, что для промышленных предприятий с аккредитованными представителями военной приемки Министерства обороны невыгодно иметь вариации контроля качества «для ВП» и «не для ВП». Гораздо проще контролировать качество военной техники и прочих изделий по единой методике, чем с неизбежными ошибками переключаться на упрощенный контроль и обратно. К тому же наличие военной приемки на предприятии вызывает большее доверие к продукции, чем множество свидетельств саморегулируемых организаций или других общепромышленных сертификатов. Эффективно следует признать, что контроль за всеми стадиями сборки, обоснование выбора применяемых материалов и выполнение других мероприятий по требованиям приемки Министерства обороны позволило подтянуть качество изделий гражданского назначения до приемлемого уровня, которое для военных изделий традиционно в нашей стране превосходит качество гражданских изделий.

Особо следует отметить зачастую неоправданное доверие нашей промышленности к зарубежным комплектующим изделиям, не имеющим отечественных аналогов. Вследствие недостаточной оснащенности российских испытательных центров современным оборудованием в некоторых случаях невозможно проверить заявленные зарубежными производителями характеристики. При этом наличие сертификатов зарубежных лабораторий на продукцию далеко не всегда позволяют сделать однозначный вывод о применимости подобных комплектующих изделий и элементов в отечественном военном оборудовании. Заявленные высокие характеристики зарубежных компонентов порой соответствуют только при их специальном исполнении, а более простые доступные элементы имеют более скромные характеристики. При этом наличие международных сертификатов на продукцию по сложившейся традиции имеет приоритет над изделиями, разработанными в РФ и прошедшими испытания в местных испытательных центрах, поэтому процесс согласования применения отечественных комплектующих изделий общепромышленного исполнения в составе изделий, поставляемых в рамках госзаказа, как правило, сложнее, чем зарубежных. Контроль военной приемки Министерства обороны на всех стадиях изготовления изделий в таких случаях заменяется

сверкой сертификатов, что намного упрощает процедуру, но отрицательно сказывается на качестве изделий. Немаловажен также фактор стоимости разработки отечественных импортозамещающих изделий – доверие зарубежным сертификатам и низкая цена общепромышленного импорта зачастую склоняют заказчиков к выбору готового дешевого зарубежного оборудования, вместо того чтобы инвестировать в отечественную промышленность. Это приводит к пробуксовке во внедрении отечественных разработок в военную технику, а в некоторых случаях скоропалительные решения о применении дешевых зарубежных общепромышленных элементов приводит к внезапным отказам техники и последующим дорогостоящим операциям по выявлению некачественных элементов и их замене на аналогичные отечественные разработки.

Отдельно следует отметить влияние точечных санкций на поставку из-за рубежа продукции для российского судостроения, как это видно на примере кораблей пр. 11356 с основными двигателями зарубежного производства. Примечательно, что история с турбинами для этих кораблей лишь вершина айсберга, так как существует множество более мелких изделий зарубежного производства, поставка которых может быть прекращена при малейшем ухудшении внешнеполитической обстановки. К сожалению, это относится в основном к наукоемким разработкам последних лет, так как альтернативой могут быть только старые советские разработки из той же области, которые безнадежно проигрывают по функциональности и особенно по массогабаритным характеристикам. Тем важнее становятся современные разработки российских предприятий по госзаказу под наблюдением военной приемки, поскольку они не зависят от внешнеполитической конъюнктуры и колебаний курса валюты.

Для разработки подобных современных устройств требуются не только высококлассные инженерно-технические кадры, но и современный научный потенциал. Сегодня для улучшения характеристик того или иного оборудования недостаточно простого геометрического копирования лучших аналогов-прототипов, требуется серьезный подход в области материаловедения, специфических разделов электротехники и прикладной математики. Каждый современный электроаппарат является конгломератом достижений в области изоляционных материалов, электропроводящих материалов и

покрытий, новых конструктивных решений и математического обеспечения для систем управления. Поэтому процесс импортозамещения и внедрения новых отечественных разработок в передовые образцы военной техники одновременно заставляет промышленность наращивать научные компетенции специалистов своих предприятий, что положительно сказывается также на создании оборудования общепромышленного применения.

Все вышесказанное в полной мере относится и к этапам развития АО «Новая ЭРА». Начав деятельность с военных заказов, в период практического отсутствия госзаказа предприятие искало новые рынки сбыта, разрабатывало новые виды продукции и конкурировало с более крупными компаниями за счет качества своих изделий. При этом с увеличением объема госзаказа предприятие полностью перешло на одинаковую систему контроля качества как военной, так и гражданской техники. В связи с необходимостью двигаться в ногу с техническим прогрессом, предприятие заключило несколько договоров о сотрудничестве с Санкт-Петербургским горным университетом и Политехническим университетом Петра Великого. Подобные программы сотрудничества обеспечили необходимый уровень научного сопровождения опытно-конструкторских работ для заказов Министерства обороны РФ, кроме того, дополнительное обучение команды специалистов предприятия в этих образовательных центрах способствует повышению уровня наукоемких разработок гражданской продукции.

Таким образом, программы импортозамещения даже в отдельной области судостроения имеют кумулятивный эффект в смежных областях – приборостроении, микроэлектронике, электроэнергетике. При этом также наблюдается положительный эффект в кадровой политике и в научной подготовке инженеров, и в росте квалификации кадров непосредственно на производстве. На данный момент применение отечественных изделий, созданных по программе импортозамещения с военной приемкой, может стать наилучшим решением для судостроительной отрасли в России. Проектантам и заказчикам в области гражданского судостроения и освоения континентального шельфа, безусловно, следует обратить особое внимание на отечественное электрооборудование с военной приемкой, что позволит выполнять планы строительства судов и кораблей независимо от решений западных партнеров. ■

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА ВАЛОПРОВОДЫ ЛЕДОКОЛОВ И СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

В.К. Румб, канд. техн. наук, проф. СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 494 0952

При эксплуатации судна в ледовых условиях его пропульсивный комплекс подвергается дополнительному нагружению ледовых нагрузок, которые обусловлены эпизодическими соударениями лопастей гребного винта с льдинами. Частота и интенсивность этих ударов, а соответственно, и напряжения в лопастях гребного винта и в валопроводе представляют собой случайные величины, зависящие от многих факторов: толщины и структуры льда, направления движения судна, места расположения, заглубления и частоты вращения гребного винта, размеров льдины и точки ее контакта с лопастью и т.д. Результаты испытаний ледоколов и судов ледового плавания свидетельствуют: ледовые нагрузки на валопроводы значительно превышают гидродинамические усилия и во многом зависят от вида взаимодействия лопастей винта со льдом. Принято различать два вида взаимодействия:

- удар, сопровождающийся отбрасыванием льдины и ледовых осколков гребным винтом. Такой вид взаимодействия наблюдается тогда, когда масса льдины мала. Считают, что возникающие при этом напряжения в валопроводе, как правило, не представляют опасности для его прочности;
- фрезерование крупных льдин. Этот вид взаимодействия осуществляется в течение пяти-семи оборотов гребного винта, заметно, на 40–50%, снижая его частоту вращения. При фрезеровании происходит последовательный скол льдины вращающимися лопастями гребного винта.

Фрезерование представляет наибольшую опасность для прочности валопровода. Наблюдаемые в процессе фрезерования единичные удары лопастей гребного винта о льдину по продолжительности не превышают 2–5 с, однако зарегистрированные ударные нагрузки в валах в эти моменты превышают их средние значения в несколько раз [2]. Так, амплитуды крутящего момента превосходят номинальное значение в 6–10 раз, изгибающий момент в гребном валу превышает гидродинамический момент на чистой воде в 8–15 раз, перегрузка по упору составляет 1,5–2,5 раза. Наряду с дополнительными динамическими нагрузками отмечается возрастание и среднего крутящего момента в валопроводе. В реальных ледовых условиях величина этого момента превышает номинальное значение в 2–2,5 раза и иногда становится причиной заклинивания гребного винта [5].

В целом приведенные результаты тензометрирования дают общее представление об уровне механических напряжений в гребном винте и в валах валопровода при работе судна во льдах,

однако далеко не всегда содержат ту информацию, которая необходима для обобщающих выводов и прогнозирования их прочности и долговечности. В условиях неопределенности исходной информации имитационное моделирование остается единственным способом прогнозирования ледовых нагрузок. Основная идея имитационного моделирования заключается в многократном повторении расчета по некоторым формализованным моделям [6]. Все они представляют собой физико-математическое описание силового взаимодействия гребного винта со льдом и базируются на аналитических выражениях, в которых ряд параметров, например, масса льдины, месторасположение точки соударения, взаимное положение лопасти и льдины и т.п., являются случайными величинами. Они для каждого повторного расчета, называемого прогоном модели, задаются генератором случайных чисел – специальной подпрограммой. Генератор сначала с помощью стандартной программы выдает число ξ , равномерно распределенное в интервале (0,1), а затем преобразовывает его так, чтобы оно подчинялось заданному закону распределения. Алгоритмы генерации случайных чисел приведены в табл. 1.

по кроме лопасти, но главный их недостаток – они рассматривают статическое приложение нагрузки. В действительности эти нагрузки вызваны ударами, а поэтому оправданно учитывать динамическое взаимодействие лопастей винта с льдинами. Более того, согласно теории удара форма ударной силы $P(t)$ существенным образом влияет на динамику ударно-колебательного процесса, интенсивность которого в основном определяется крутизной переднего фронта силы $P(t)$.

Учитывая значимость отмеченного аспекта, установим форму ударной силы и для этого рассмотрим деформацию лопасти совместно с движением льдины. Будем предполагать, что между силой удара и деформацией лопасти существует линейная зависимость; изогнутая ось лопасти при ударе имеет такую же форму, как и при статическом ударе.

После удара льдина продолжает свое движение и обуславливает деформацию лопасти. При этом первоначальная скорость движения льдины будет постепенно убывать за счет противодействия силы упругости лопасти. На основании теоремы об изменении количества движения это уменьшение скорости можно выразить так:

Таблица 1

Генераторы случайных чисел

Вид распределения	Расчетная формула	Математическое ожидание	Дисперсия
Равномерное	$x = a + (b-a)\xi$	$\mu = \frac{b+a}{2}$	$D^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$
Экспоненциальное	$x = -\frac{1}{a} \ln \xi$	$\mu = 1/a$	$D^2 = 1/a^2$
Нормальное	$x = a + \left(\sum_{i=1}^{12} \xi_i - 6 \right) b$	$\mu = a$	$D^2 = b^2$
Вейбулла	$x = a[-\lg(1 - \xi)]^{1/b}$		
Логарифмически нормальное	$x = \exp(b\xi + a)$		

Большинство известных решений задачи о ледовых нагрузках базируются на идеализации лопасти гребного винта в виде стержня, жестко закрепленного в корневом сечении и имеющего постоянную геометрию [3]. К тому же предлагаемые зависимости исходят из заданного закона распределения ледовой нагрузки

$$v = v_0 - \frac{1}{M} \int_0^t P(t) dt, \quad (1)$$

где M – масса льдины, v_0 – скорость льдины в начале удара, ее следует рассматривать как сложное, состоящее из относительного (скорости судна v_c) и переносного (вращение гребного винта ωR_0). Тогда

$$v_0 = v_c + \omega R_0.$$

Выражение для перемещения льдины получается в результате интегрирования (1):

$$y = v_0 t - \frac{1}{M_0} \int_0^t \left(\int_0^t P(t) dt \right) dt. \quad (2)$$

Перемещение льдины возможно только за счет деформации лопасти. Если, как и в упомянутых зависимостях, лопасть гребного винта идеализировать консольной балкой, жестко заделанной в корневом сечении и нагруженной силой $P(t)$, то уравнение изогнутой оси этой балки можно представить в виде

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_i J_0}{EJ} + \frac{\gamma F_0}{GF} \frac{dQ}{dx}, \quad (3)$$

где M_i – изгибающий момент; Q – поперечная сила; J – момент инерции; F – площадь поперечного сечения – переменные величины, зависящие от точки контакта лопасти со льдом и геометрии гребного винта, J_0 и F_0 – минимальный момент инерции и площадь корневого сечения лопасти соответственно. Изменение отношений J_0/J и F_0/F по длине лопасти иллюстрирует рис. 1.

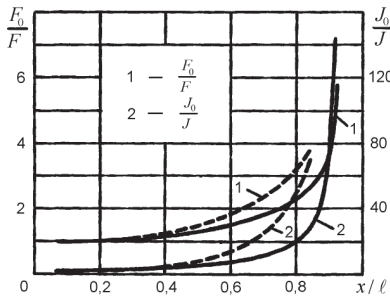


Рис. 1. Кривые изменения геометрических характеристик лопасти гребного винта ледокола «Ленинград» (—) и «Капитан Сорокин» (---)

Входящий в (3) коэффициент γ учитывает неравномерное распределение касательных напряжений. Его определение – задача далеко не простая из-за сложной конфигурации поперечного сечения лопасти. Однако, идеализируя сечение лопасти эллиптической формой с большим эксцентриситетом, получаем $\gamma = 1,18$.

Если лопасть воспринимает удар в точке А (рис. 2), удаленной от заделки на расстоянии s , то на участке

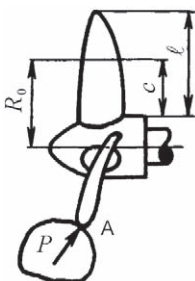


Рис. 2. Расчетная схема гребного винта

$0 \leq x \leq s$ изгибающий момент и поперечная сила являются функциями ударной силы и координаты точки ее приложения, следовательно:

$$M_i = P(t)(c - x), \quad Q = P(t).$$

С учетом последних записей и двукратного интегрирования (3) получим

$$y = \frac{P(t)}{EJ_0} \iint_x (c - x) \frac{J_0}{J} dx^2 + \frac{\gamma P(t)}{GF_0} \iint_x \frac{F_0}{F} dx^2. \quad (4)$$

Входящие в (4) функции $\iint_x (c - x) \frac{J_0}{J} dx^2$ и $\iint_x \frac{F_0}{F} dx^2$ находятся численным интегрированием, например, методом Симпсона.

Таким образом, условие совместности деформации лопасти (4) и перемещения льдины (2) позволяет составить уравнение, решение которого дает искомую силу удара

$$P(t) = \frac{(v_c t + \omega R_0 t) - \frac{1}{M_0} \int_0^t \left(\int_0^t P(t) dt \right) dt}{\frac{1}{EJ_0} \iint_x (c - x) \frac{J_0}{J} dx^2 + \frac{\gamma}{GF_0} \iint_x \frac{F_0}{F} dx^2}. \quad (5)$$

Решение данного уравнения осуществляется методом последовательных приближений при заданных значениях координаты точки удара и массы льдины. Иначе говоря, процедуру определения формы ударной силы следует рассматривать как уточнение силы P в дискретные моменты времени с выбранным шагом дискретизации Δt , обычно $\Delta t = 0,001$ с. Следовательно, алгоритм реализации (5) предусматривает следующие операции. Сначала устанавливаются зависимости для J_0/J и F_0/F , далее вычисляется знаменатель (5). После этого в заданный дискретный момент времени t осуществляется итерационный процесс, цель которого сделать (5) тождеством. Число таких итераций обычно составляет 12–15. Аналогично вычисляются силы и в другие моменты времени. Вычислительный процесс продолжается до тех пор, пока значение силы остается больше нуля.

С использованием данного алгоритма выполнены расчеты по определению ледовой силы при взаимодействии со льдом лопастью гребного винта ледокола «Капитан Крутов». Результаты расчета для нескольких вариантов исходных данных представлены на рис. 3. Обращает на себя внимание несимметричная форма ударной силы, а именно передний и задний фронты имеют разную крутизну.

Следует отметить, что изложенное справедливо, когда лопасть и льдина взаимодействуют друг с другом как два абсолютно твердых тела. Однако льдина, так же как и лопасть, имеют конечные пределы прочности, свидетельствующие об их возможном разрушении. Логично предположить, что

разрушаться будет сначала льдина под действием силы

$$P_\sigma = \sigma_{см} F_{см},$$

где $\sigma_{см}$ – предел прочности льда на смятие, $\sigma_{см} = 1,8–2,5$ МПа; $F_{см}$ – площадь смятия.

Учитывая возможное разрушение льдины, необходимо в вычислительном процессе предусмотреть проверку прочности, т. е. ввести условие $P \leq P_\sigma$. При нарушении данного условия льдина в результате удара раскалывается и нарастание переднего фронта ледовой силы прекращается.

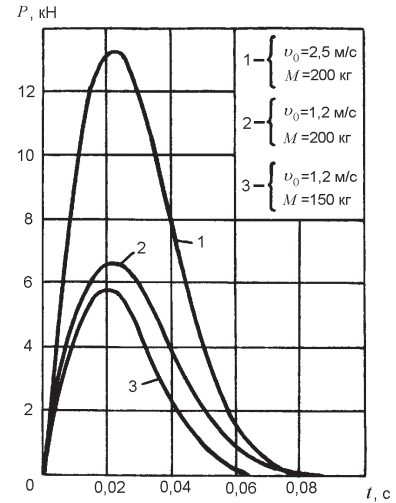


Рис. 3. Формы ледовой силы

Следующий этап моделирования – это передача ледовой нагрузки от гребного винта на валопровод, т. е. задача, связанная с определением его напряженно-деформированного состояния с учетом быстро изменяющейся нагрузки во времени в результате решения системы дифференциальных уравнений

$$[M]\{\ddot{\varphi}\} + [B]\{\dot{\varphi}\} + [C]\{\varphi\} = \{P(t)\}, \quad (6)$$

где $[M]$, $[B]$ и $[C]$ – матрицы масс, демпфирования и жесткости; $\{\varphi\}$ и $\{P(t)\}$ – матрицы-столбцы обобщенных координат и вынуждающих усилий.

Решить эту задачу классическими методами расчета колебаний судовых валопроводов невозможно. Поэтому предлагается решать задачу об ударных колебаниях не в обобщенных, а в главных координатах. Основные положения метода главных координат подробно изложены в [4]. Здесь лишь укажем на трудности, связанные с практической реализацией этого метода. Они обусловлены проблемой определения полного спектра частот свободных колебаний и соответствующих им коэффициентов распределения амплитуд. Исходя из имеющего опыта решения подобных задач, можно утверждать, что относительно просто находятся низшие частоты спектра и значительно сложнее высшие частоты. Только из-за этого применение данного метода ограничивается моделями с небольшим числом масс.

В этих условиях более разумно решать поставленную задачу непосредственно в обобщенных координатах, применяя численное интегрирование системы дифференциальных уравнений (6), например, методом Рунге–Кутта 4-го порядка. Напомним, метод Рунге–Кутта является достаточно известным в инженерной практике численным методом решения дифференциальных уравнений. Его достоинство – это высокая точность и малая склонность к возникновению неустойчивости решения. Алгоритм реализации метода заключается в циклических вычислениях искомых переменных по каноническим формулам [1]. Из них наиболее точными являются формулы для систем дифференциальных уравнений первого порядка. Чтобы воспользоваться этими формулами предлагается понизить порядок уравнений (6) с помощью следующих преобразований: если дано дифференциальное уравнение второго порядка

$$m \ddot{\phi} + b \dot{\phi} + c\phi = p,$$

то его с помощью подстановки $\dot{\phi} = \gamma$ можно привести к системе

$$\begin{cases} \dot{\phi} = \gamma; \\ m \dot{\gamma} + b\gamma + c\phi = p. \end{cases}$$

Распространяя эти преобразования на (6), получаем систему дифференциальных уравнений первого порядка, для ее решения уже пригодна стандартная процедура метода Рунге–Кутта. Таким образом, платой за возможность решения системы дифференциальных уравнений второго порядка данным методом служит удвоение количества уравнений исходной системы.

Заключительный этап поставленной задачи – это само имитационное моделирование, последовательность которого поясняет рис. 4. После ввода детерминированных исходных данных генерируются по заданным вероятностным законам время до удара t_1 и время между ударами t_2 . Затем тем же генератором разыгрываются все необходимые случайные параметры для определения ударной силы и производится ее вычисление в полном соответствии с уравнением (5). Подсчитываются напряжения и деформации гребного вала и другие интересные величины. Если расчетная длительность действия ударной силы t окажется больше t_2 , то это свидетельствует о перекрытии фронтов ударных сил и, следовательно, имеет место фрезерование льдины. В противном случае будет единичный удар. Далее процедуры повторяются: снова генерируется время до следующего удара, осуществляется прогон модели и определяется ударная сила, подсчитываются напряжения и деформации и т. д. В итоге такой имитации получается реализация в виде случайного процесса (рис. 5), похожая на настоя-

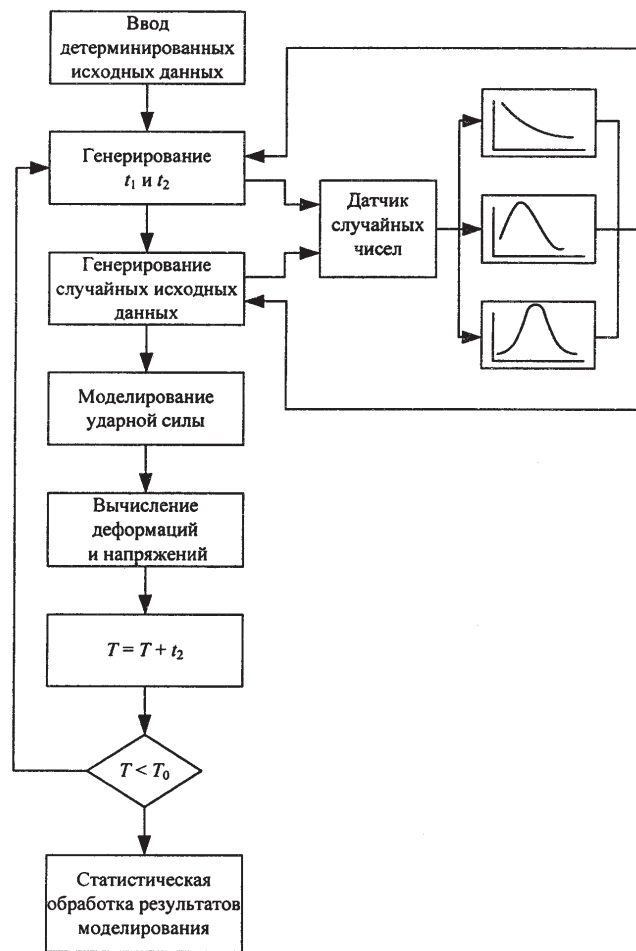


Рис. 4. Структурная схема имитационного моделирования ледовых нагрузок

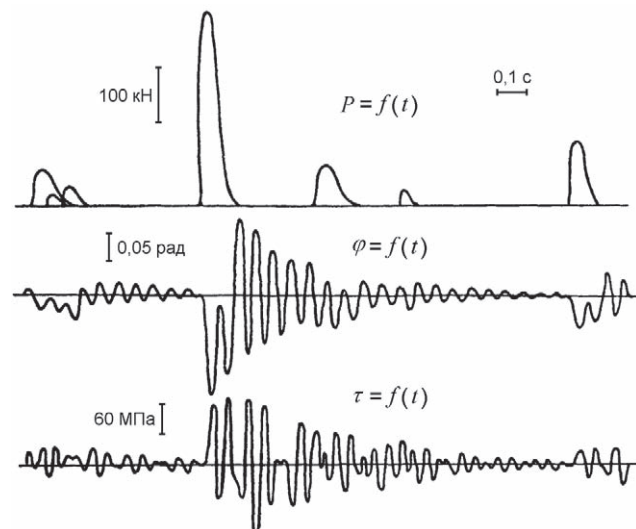


Рис. 5. Фрагмент имитационного моделирования ледовых нагрузок (P), деформаций (ϕ) и напряжений (τ) гребного вала

щую торсиограмму.

Таким образом, имитационное моделирование можно рассматривать как статистический эксперимент близкий обычному тензометрированию, но имеющих значительно более широкие возможности и менее трудоемкий, так как выполняется на ЭВМ. Вместе с тем имитационное моделирование не исключает натурного тензометрирования валов, а наоборот базируется на его результатах.

В частности, установить вид распределений и получить их параметры удается только на основе статистической обработки экспериментальных торсиограмм. В результате тензометрирования валов двух судов ледового плавания удалось выявить:

- распределение амплитуд ледового момента, обусловленного ударами лопастей о плавающие льдины, подчиняется закону Вейбулла, для

которого плотность распределения может быть выражена формулой

$$f(M) = \frac{b}{a} \left(\frac{M}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{M}{a}\right)^b\right];$$

- время между ударами и длительность взаимодействия подчиняются экспоненциальному закону, который описывается уравнением

$$f(t) = \frac{1}{a} \exp\left(-\frac{t}{a}\right).$$

Параметры указанных законов распределения в функции от толщины льда и частоты вращения гребного винта приведены в табл. 2.

Следующий шаг оценки адекватности сводится к определению длительности реализации случайных процессов, так как от нее во многом зависит точность определения числовых характеристик исследуемых процессов. Необходимое для вычисления длительности время корреляции устанавливается в результате построения корреляционной функции. Эта функция характеризует степень связи ординат случайного процесса во времени и совместно с математическим ожиданием и дисперсией дает исчерпывающую информацию для проверки адекватности рассматриваемых

промежутки, между которыми можно пренебречь вероятностными связями. В практических расчетах время корреляции назначают из соотношения

$$\rho(\tau \geq \tau_k) < K,$$

где K – некоторое наперед заданное число, например, $K = 0,01$.

Таким образом, совпадение корреляционных функций и результатов статистической обработки моделируемого и реального процессов за время τ_k может служить критерием проверки адекватности этих процессов.

В заключение еще раз отметим, имитационное моделирование не формирует окончательный ответ в том виде, как это принято при аналитических решениях, оно всего лишь служит средством имитации стохастического процесса на ЭВМ. Стохастическая природа рассматриваемого процесса состоит в отсутствии какой-либо закономерности попадания льдин в поле диска гребного винта и невозможности аналитического описания чередования отдельных ударов лопастей о лед и фрезерования крупных льдин. С помощью имитационного моделирования удается достаточно просто воспроизвести во времени процесс изменения напряжений в валопроводе, обусловленный соударением лопастей винта со льдом и характерный при движении судна во льдах. Понятно, что этот моделируемый случайный процесс пока мало информативен для суждения о надежности всего пропульсивного комплекса.

Прогнозированию прочности и долговечности валопроводов ледоколов и судов ледового плавания при случайном нагружении будет посвящена следующая статья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам к программам на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справ. – М.: Наука, 1987. – 240 с.
2. Меркулов В. А., Тимофеев В. И., Яковлева М. В. Исследование нагрузок на валопроводах ледоколов и транспортных судов ледового плавания // Судостроение. – 1981. – № 3. – С. 35–39.
3. Румб В. К. Прочность судового оборудования. Конструирование и расчеты прочности судовых валопроводов.: Учебник. – СПб., Изд. СПбГМТУ, 2008. – 298 с.
4. Румб В. К., Пугач А. А. Еще раз о расчетах крутильных и осевых колебаний судовых пропульсивных установок с ДВС // Морской вестник. – 2013. – Спецвыпуск №1 (10). – С. 31.
5. Рывлин А. Я., Хейсин Д. Е. Испытание судов во льдах. – Л.: Судостроение, 1980. – 207 с.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с. ■

Таблица 2
Параметры законов распределения процесса взаимодействия лопастей гребного винта со льдом

Толщина льда, м	Частота вращения гребного винта, мин ⁻¹	Амплитуда ледового момента H , м		Длительность взаимодействия, с	Время между ударами, с
		a	$b \cdot 10^4$		
Теплоход «Михаил Стрекаловский»					
1,0	125	6,0	35,3	1,72	0,0130
1,3	120	6,1	35,9	1,10	0,0132
1,4	80	4,1	25,5	0,74	0,0035
1,5	125	6,5	37,8	1,25	0,0130
2,0	120	5,7	40,0	1,50	0,0036
Теплоход «Мончегорск»					
0,95	111	1,56	20,4	0,94	0,066
1,10	113	1,25	15,0	1,06	0,066
1,10	115	2,00	22,0	1,05	0,065
1,35	112	1,65	22,5	0,63	0,070
1,35	117	1,50	13,6	1,05	0,060
1,35	112	2,00	20,4	1,23	0,060
1,75	115	2,00	30,8	1,00	0,062

Особой проблемой имитационного моделирования остается проверка адекватности полученного и реального случайных процессов. Первый шаг проверки – замена непрерывного случайного процесса последовательностью случайных чисел. Перевод непрерывного процесса в дискретную форму осуществляется с шагом квантования Δt . При имитационном моделировании ударно-колебательных процессов шаг квантования назначают таким, чтобы по полученным значениям ординат можно было воссоздать случайный процесс без потери его индивидуальности. В первом приближении шаг квантования назначают в пределах $\Delta t = 0,02 \div 0,002$ с. В результате дискретизации получается выборка случайных чисел, ее статистическая обработка позволяет подсчитать среднее арифметическое, дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

процессов. При дискретном представлении случайного процесса в виде чисел $x_i (i = 1, \dots, N)$ ординаты корреляционной функции вычисляются по следующей формуле:

$$\rho(t) = \frac{1}{D^2(N-m-1)} \sum_{i=1}^{N-m} [(x_i - \mu)(x_{i+m} - \mu)],$$

где $m = 0, 1, 2, \dots, (p-1)$ – число, определяющее величину сдвига; p – число ординат корреляционной функции, обычно $p = 0, 1, N$; μ и D^2 – среднее арифметическое и дисперсия реализации случайного процесса.

При построении графика корреляционной функции по оси абсцисс откладывают произведения $\tau = m\Delta t$, а по оси ординат – значения $\rho(\tau)$. Корреляционная функция всегда положительная и действительная функция, при $\tau = 0$ достигает максимума, с ростом τ затухает. График $\rho = f(\tau)$ позволяет определить время корреляции τ_k , которое, по сути, делит всю реализацию на временные

Основными источниками шума и вибрации на морских объектах являются работающие машины, механизмы и системы трубопроводов. Виброизоляция механизмов от корпусных конструкций морских объектов осуществляется главным образом посредством амортизаторов (виброизоляторов), а также упругих элементов, включаемых в их неопорные связи (трубопроводы, валопроводы и т. д.). Эти же средства виброизоляции должны служить защитой и от ударных воздействий со стороны корпусных конструкций.

Кроме шумящего на морских объектах используется невиброактивное оборудование, в первую очередь радиоэлектронное. Изменение элементной базы современной радиоэлектронной аппаратуры и ряда технических средств, используемых на судах, привело к значительному уменьшению их массогабаритных характеристик. Большое количество такого оборудования нуждается только в защите от ударных воздействий со стороны фундамента.

Современные амортизаторы принято классифицировать в основном по материалу упругого элемента. Различают следующие основные типы амортизаторов – резинометаллические, пневматические, цельнометаллические.

Амортизаторы как виброизолирующее средство должны обладать достаточной податливостью и значительным внутренним демпфированием. В качестве упругих элементов во многих типах амортизаторов применяют резину. Однако резина – материал, который изменяет свои свойства во времени и с изменением температуры, многие марки резины нестойки к маслу, бензину, дизельному топливу и другим агрессивным средам. Несмотря на это резина, благодаря высокой упругости, является наиболее подходящим материалом для изготовления упругих элементов большинства видов амортизаторов.

Среди амортизаторов различных типов наибольшее распространение получили резинометаллические, например, типа АКСС (амортизаторы корабельные сварные со страховкой). Их отличают надежность и долговечность, но из-за возросших требований они не всегда удовлетворяют потребителей. Например, они обладают достаточно высокими собственными частотами колебаний. Так, для АКСС-И собственные частоты находятся в диапазоне 18–22 Гц, для АКСС-М – в диапазоне 27–37 Гц. Минимальная номинальная нагрузка для АКСС-И – 25 кг, а для АКСС-М – 10 кг, что затрудняет их использование для оборудования малых весов.

Расширение ассортимента материалов, используемых в качестве упругих элементов амортизаторов, привело к

ПРИМЕНЕНИЕ ТРОСОВЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.В. Волкова, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник – начальник стенда,

В.И. Голованов, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

Ю.А. Гладылин, канд. техн. наук, начальник лаборатории
АО «Концерн НПО «Аврора»,

Е.П. Железнов, начальник сектора АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. +7 (921) 309 9757, +7 (921) 399 4897, +7 (911) 931 3009

тому, что наряду с традиционной резиной и воздухом для виброзащиты применяются жидкости, газы, пластмассы, устройства, реализующие контактное магнитное силовое взаимодействие. Получили распространение сетчатые структуры, такие как металлорезина (материал МР), стальной канат, пакеты гофрированных пластин, металлический порошок и другие материалы, обладающие повышенным демпфированием.

Особого внимания заслуживают металлические упругие элементы. Они могут быть выполнены в виде пружины рессорного типа, из прессованных гофрированных лент, металлической витой проволоки или сетки. Амортизаторы с металлическими упругими элементами отличаются высокой надежностью и долговечностью, они негорючи, могут использоваться в тяжелых климатических и эксплуатационных условиях при повышенной температуре и радиации.

Эти преимущества и привели к созданию отечественных амортизаторов, в которых в качестве упругого элемента применяется металлический трос.

Необходимо отметить, что за рубежом уже давно большое внимание уделяется металлическим амортизаторам с тросовыми упругими элементами. Так, например, во Франции зарегистрированы заявки № 2601739 (1986 г.) и № 2624233 (1987 г.), фирмой Willbrandt Gummitechnik спроектировано вибродемпфирующее устройство CAVOFLEX (Cavoflex Shock and Vibration Mounts with outstanding features, Schiff and Hafen № 10. 1988 г.). Используются такие амортизаторы по предварительному расчету и получению рекомендаций от фирмы-производителя в основном в неотапливаемых помещениях и на открытых палубах морских объектов.

Канат обладает необходимыми упругими и диссипативными характеристиками. Используя различные виды каната, можно конструировать виброизоляторы различной энергоемкости.

Работы по созданию тросовых амортизаторов в отечественной практике ведутся, начиная с 80-х гг. прошлого века [1]. Основными требованиями к ним было обеспечение их работы в услови-

ях высоких температур и повышенного ионизирующего излучения. В качестве упругого элемента рассматривалось использование нержавеющей стали и бронзовой проволоки любых марок, но при одном непереносимом условии – проволока не должна корродировать не только в обычных условиях, но и при периодических воздействиях паров, содержащих хлориды, а также при попадании морской воды, масла, топлива, бензина и т. п. Кроме этого, типоряд амортизаторов должен был начинаться с малых нагрузок (2–5 кг).

В результате в отрасли были созданы несколько простых по конструкции тросовых виброизоляторов, типа СТВР (спирально-тросовый виброизолятор рядный) и СТВС (спирально-тросовый виброизолятор сборный) разработки ООО «НПФ «АНКОМ» [2] и ВЦК (виброизолятор цилиндрический канатный) разработки АО «Концерн «Моринсис-Агат» [3]. В качестве упругих элементов в этих виброизоляторах были использованы навитые в кольца стальные тросы.

Внешний вид спирально-тросовых виброизоляторов (рядного и сборного) представлен на рис. 1.

Внешний вид виброизоляторов ВЦК при проведении статических испытаний на универсальной испытательной машине при сжатии в направлении оси Z представлен на рис. 2.

На сегодняшний день тросовые виброизоляторы на кораблях и судах применяются для амортизации невиброактивного оборудования, в первую очередь для радиоэлектронного вооружения, оборудования, установленного в местах с повышенной температурой или с повышенными уровнями ионизирующих излучений, а также там, где невозможно использовать резинометаллические амортизаторы.

Кроме этого, создание тросовых виброизоляторов, рассчитанных на малые нагрузки, является их немаловажным достоинством.

Для получения оптимального эффекта от использования тросовых виброизоляторов необходимо знать характеристики, которые позволят грамотно



Рис. 1. Внешний вид спирально-тросового виброизолятора: а – рядный, б – сборный



Рис. 2. Внешний вид ВЦК при проведении статических испытаний на универсальной испытательной машине при сжатии в направлении оси Z

спроектировать амортизирующее крепление. Традиционно такими характеристиками для виброизоляторов являются:

- номинальная нагрузка;
- величина просадки под номинальной нагрузкой;
- статическая жесткость в направлении главных осей;
- вибрационная жесткость в направлении главных осей;
- ударная жесткость в направлении главных осей;
- величина свободного хода;
- величина ползучести.

Несмотря на ряд работ, посвященных расчету основных характеристик тросовых виброизоляторов [4–9], в настоящее время они не могут быть рассчитаны с достаточной для практических нужд степенью точности, поэтому определяются в результате соответствующих стендовых испытаний.

Указанные тросовые виброизоляторы прошли комплексные и межведомственные испытания по действующим методикам на стендах ФГУП «Крыловский государственный научный центр». В результате были определены все требуемые характеристики.

В ходе проведенных испытаний также были подтверждены статическая прочность (определялась в ходе испытаний по определению статической жесткос-

ти), ударная прочность (определялась в ходе испытаний по определению ударной жесткости), длительная вибрационная прочность при низкочастотном и высокочастотном воздействиях (образцы спирально-тросовых амортизаторов испытывались на режимах, эквивалентных фактической модели эксплуатации на морском транспорте).

Результаты этих испытаний показали, что виброизоляторы выдержали прочностные испытания без разрушения. По результатам выполненных испытаний тросовых виброизоляторов была откорректирована техническая документация на них.

Основные технические характеристики виброизоляторов типа СТВ и ВЦК приведены в табл. 1 и 2.

В заключение следует отметить, что отечественные тросовые виброизоляторы целесообразно использовать в качестве противоударной амортизации оборудова-

Таблица 2
Основные технические характеристики виброизоляторов типа ВЦК

Индекс	Номин. статическая нагрузка, Н			Деформация при номин. статической нагрузке в направлении осей, мм		
	X	Y	Z	X	Y	Zсж
ВЦК6	20	22	61	0,64	0,7	0,51
ВЦК10	30	40	97	0,45	0,37	0,73
ВЦК20	58	89	192	1,13	1,56	0,97
ВЦК32	101	110	314	4,3	3,84	1,58
ВЦК43	134	143	419	3,86	3,89	1,74
ВЦК55	230	207	545	2,75	20,3	0,95
ВЦК74	307	276	726	3,93	3,07	1,92
ВЦК110А	294	213	1087	4	2,17	2,71
ВЦК128	412	549	1254	2,87	4,42	1,8
ВЦК170	549	735	1676	2,66	3,89	1,66

ования, а также, когда резинометаллические виброизоляторы не применимы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов В. Ф., Резников И. Г. Канатные виброизоляторы для защиты операторов горных машин – Новосибирск: Наука, 1988.
2. Виброизоляторы спирально-тросовые. Технические условия. СТВ/Л. 304245.005 ТУ.
3. Виброизоляторы ВЦК. Технические условия. ДАЕИ.304242.006 ТУ.
4. Пономарев Ю. К. и др. Разработка конструкции и методики расчета жесткостных характеристик тросового виброизолятора с пространственным распределением нагрузок. – Мат.-лы Международ. науч.-техн. конфер. «Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения», Орел, 2007.
5. Мелентьев В. С., Гвоздев А. С. Проектирование и оценка виброударозащитных характеристик тросового виброизолятора. – Мат.-лы Международ. науч.-техн. конфер. «Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения», Орел, 2007.
6. Пономарев Ю. К., Калакуцкий В. И., Пономарев Д. Ю. Об оценке точности расчета моделей тросовых виброизоляторов. – Мат.-лы Международ. науч.-техн. конфер. «Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения», Орел, 2007.
7. Пономарев Ю. К. и др. О потенциальных возможностях управления жесткостью криволинейных упругодемпфирующих элементов тросовых виброизоляторов. – Мат.-лы Международ. науч.-техн. конфер. «Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения», Орел, 2007.
8. Волкова Н. В., Берестовицкий Э. Г., Голованов В. И., Иванов В. Г., Слепов А. В. Применение спирально-тросовых виброизоляторов для оборудования морских объектов // Судостроение. – 2008. – № 5.
9. Волкова Н. В., Голованов В. И. Влияние амплитуды деформирования на собственные частоты тросовых амортизаторов. – Мат.-лы II Международ. науч.-техн. конфер. «Актуальные проблемы динамики и прочности материалов и конструкций: модели, методы, решения», Самара, 2011. ■

Таблица 1
Основные технические характеристики виброизоляторов типа СТВ

Индекс	Макс. статическая нагрузка, Н			Деформация при макс. статической нагрузке в направлении осей, мм		
	X	Y	Z	X	Y	Zсж
СТВР-2,5К, -01, -02	12	12	25	1,3	2,5	0,3
СТВР-4К	20	20	40	0,8	1,8	0,3
СТВР-5К, -01, -02	25	25	50	1,5	2,5	0,8
СТВР-6К	30	30	60	0,7	1,5	0,3
СТВР-10К, -01, -02	40	40	100	3,5	4,5	1,3
СТВР-15К, -01, -02	70	70	150	5,0	5,5	1,8
СТВР-25К, -01, -02	100	100	250	6,0	7,0	2,4
СТВР-40К, -01, -02	180	180	400	3,0	3,5	1,2
СТВР-60К, -01, -02	300	300	600	5,5	6,5	2,8
СТВР-85К, -01, -02	400	400	850	5,0	6,0	2,5
СТВР-120К, -01, -02	550	550	1200	5,0	6,0	2,6
СТВР-150К, -01, -02	750	750	1500	5,0	6,0	2,8
СТВР-250К, -01, -02	1250	1250	2500	6,5	7,5	2,5
СТВР-300К, -01, -02	1500	1500	3000	6,5	7,5	4,0
СТВР-400К, -01, -02	2000	2000	4000	6,5	7,0	3,5
СТВС-120К	600	600	1200	3,2	1,0	2,3
СТВС-160К	800	800	1600	3,8	1,2	2,7
СТВС-220К	1100	1000	2200	5,0	1,0	4,0
СТВС-300К	1500	1200	3000	2,6	0,5	2,1
СТВС-500К	2500	2500	5000	5,5	1,5	5,5
СТВС-700К	3500	3500	7000	5,5	4,0	6,2

Современные суда и корабли содержат сложные технические комплексы, в которых широко используются электроэнергетические и управляющие технические средства. Наиболее важная техническая система корабля (судна) – энергетическая система, она является многофункциональной, поскольку она выполняет несколько функций: генерирование, распределение, передачу и потребление электроэнергии.

Управление режимами работы двигателей гребной электрической установки (ГЭУ) осуществляется полупроводниковыми преобразователями, существенно влияющими на качество электроэнергии на шинах СЭЭС. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам, связанным с разработкой и исследованием различных способов и средств обеспечения требуемого качества электроэнергии в части коэффициента мощности, фильтрации высших гармонических потребляемого тока. В предлагаемой статье рассматривается применение синусоидальной модифицированной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) первого рода для управления автономными инверторами напряжения в составе систем электропитания судовыми электроэнергетическими комплексами.

В основе технической реализации классической синусоидальной трехфазной ШИМ второго рода лежит принцип вертикального управления с использованием двухстороннего сигнала развертки треугольной формы [1,2]

$$r(t) = -\frac{2R_m}{\pi} \arcsin \left[\sin \left(2N\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right], \quad (1)$$

где N – количество импульсов управления на полупериоде инвертируемого напряжения $T = 2\pi / \omega$, кратное трем; R_m – максимальное значения сигнала развертки. Моменты включения t_{bh} и отключения t_{oh} ключевых элементов (рис. 1) определяются путем решения трансцендентных уравнений:

$$\begin{aligned} r(t) &= V_{yA}(t); \quad r(t) = V_{yB}(t); \quad r(t) = V_{yC}(t); \\ V_{yA}(t) &= V_m \sin \omega t = M_a R_m \sin \omega t; \\ V_{yB}(t) &= V_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \quad V_{yC}(t) = V_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right); \\ M_a &= V_m / R_m \in (0 \div 1), \end{aligned} \quad (2)$$

где $V_{yA}(t)$, $V_{yB}(t)$, $V_{yC}(t)$ – сигналы управления для фаз А, В, С; M_a – индекс амплитудной модуляции; V_m – максимальное значение сигнала управления.

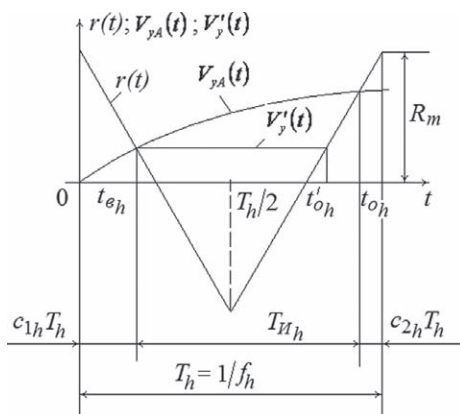


Рис. 1. Двухполярная двухсторонняя широтно-импульсная модуляция

В практическом плане ключевые элементы силового блока переключаются с помощью ШИМ модуляторов второго рода в соответствии с выражениями:

ТРЕХФАЗНАЯ СИНУСОИДАЛЬНАЯ МОДИФИЦИРОВАННАЯ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПЕРВОГО РОДА В АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРАХ

Б.Ф. Дмитриев, д-р техн. наук, проф.,
С.Я. Галушин, канд. техн. наук, доцент, СПбГМТУ,
А.М. Лихоманов, канд. техн. наук, доцент,
А.Ю. Розов, инженер, СПбПУ Петра Великого,
контакт. тел. +7(921) 948 2948

$m_A = if[V_{yA}(t) > r(t), 1, 0]$; $m_B = if[V_{yB}(t) > r(t), 1, 0]$;
 $m_C = if[V_{yC}(t) > r(t), 1, 0]$, что приводит к неравенству отрезков времени $c_{1h}T_h$ и $c_{2h}T_h$ (см. рис. 1).

Неравенство $c_{1h}T_h \neq c_{2h}T_h$ отрицательно сказывается на качестве гармонического состава выходного напряжения. Для устранения указанного недостатка необходимо уменьшить значение T_h , т.е. увеличить значение несущей частоты f_h . В данном случае $t'_{oh} \rightarrow t_{oh}$; $c_{1h}T_h \rightarrow c_{2h}T_h$, а выражение для коэффициента преобразования по напряжению (K_U), при $V_m \leq R_m$, примет вид

$$K_U \approx 0,5K_M,$$

где K_M – коэффициент модуляции.

В настоящей статье рассматривается модифицированная трехфазная синусоидальная ШИМ первого рода, обеспечивающая повышение качественных характеристик гармонического состава выходного напряжения и ориентированная на использование прямого микропроцессорного управления.

Потенциалы точек А, В, С (рис. 2) относительно минусовой шины постоянного тока представляются в виде

$$\begin{aligned} \varphi_A(t) &= F_{K1}(t)U_d = U_d \left(FA_{01} + \sum_{k=1}^{\infty} FA_{k1} \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} FB_{k1} \sin k\omega t \right) = \\ &= \varphi A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi A_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi B_n \sin n\omega t; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \varphi_B(t) &= F_{K3}(t)U_d = F_{K1} \left(t - \frac{2\pi}{3} \right) U_d = \\ &= \varphi A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi A_n \cos n\omega \left(t - \frac{2\pi}{3} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi B_n \sin n\omega \left(t - \frac{2\pi}{3} \right); \\ \varphi_C(t) &= F_{K5}(t)U_d = F_{K1} \left(t - \frac{4\pi}{3} \right) U_d = \\ &= \varphi A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi A_n \cos n\omega \left(t - \frac{4\pi}{3} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi B_n \sin n\omega \left(t - \frac{4\pi}{3} \right); \end{aligned}$$

$$F_{K1}(t) + F_{K4}(t) = 1; \quad F_{K3}(t) + F_{K6}(t) = 1; \quad k = n = 1, 2, 3, \dots,$$

где $F_{Ki}(t)$ – коммутационная функция i -го ключевого элемента.

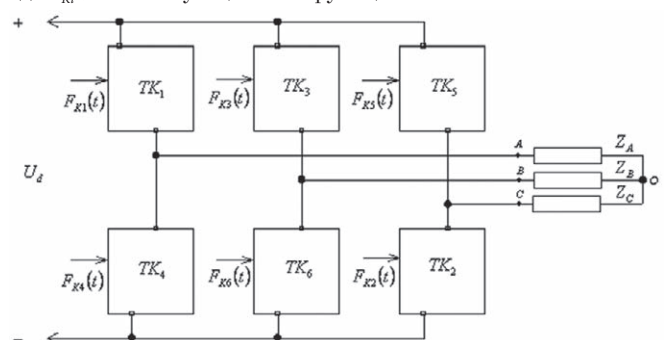


Рис. 2. Трехфазный инвертор напряжения

Линейные и фазные напряжения примут вид

$$\begin{aligned}
U_{AB}(t) &= \varphi_A(t) - \varphi_B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} ULA_n \cos \pi n \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} ULB_n \sin \pi n \omega t; \\
U_{BC}(t) &= \varphi_B(t) - \varphi_C(t); U_{CA}(t) = \varphi_C(t) - \varphi_A(t); \\
U_A(t) &= \varphi_A(t) - \varphi_0(t) = \sum_{n=1}^{\infty} UAA_n \cos \pi n \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} UAB_n \sin \pi n \omega t; \\
U_B(t) &= \varphi_B(t) - \varphi_0(t); U_C(t) = \varphi_C(t) - \varphi_0(t); \\
\varphi_0(t) &= \frac{1}{3} [\varphi_A(t) + \varphi_B(t) + \varphi_C(t)]; \\
ULA_n &= \varphi_{A_n} - \varphi_{A_n} \cos \frac{2\pi n}{3} + \varphi_{B_n} \sin \frac{2\pi n}{3}; \\
ULB_n &= \varphi_{B_n} - \varphi_{A_n} \sin \frac{2\pi n}{3} - \varphi_{B_n} \cos \frac{2\pi n}{3}; \\
UAA_n &= \varphi_{A_n} - \frac{1}{3} \left[\varphi_{A_n} + \varphi_{A_n} \cos \frac{2\pi n}{3} - \varphi_{B_n} \sin \frac{2\pi n}{3} + \right. \\
&\quad \left. + \varphi_{A_n} \cos \frac{4\pi n}{3} - \varphi_{B_n} \sin \frac{4\pi n}{3} \right]; \\
UAB_n &= \varphi_{B_n} - \frac{1}{3} \left[\varphi_{B_n} + \varphi_{A_n} \sin \frac{2\pi n}{3} + \varphi_{B_n} \cos \frac{2\pi n}{3} + \right. \\
&\quad \left. + \varphi_{A_n} \sin \frac{4\pi n}{3} + \varphi_{B_n} \cos \frac{4\pi n}{3} \right];
\end{aligned} \tag{4}$$

где $\varphi_0(t)$ – потенциал нулевой точки нагрузки относительно минусовой шины постоянного тока.

Из (4) следует, что в частотном спектре фазных и линейных напряжений отсутствуют гармоники, кратные трем.

При использовании ШИМ первого рода (ШИМ-1) непрерывный сигнал управления $V(t)$ аппроксимируется ступенчатой функцией $V_y'(t)$ (см. рис. 1). Для двухсторонней ШИМ-1 скважность импульсов широтно-импульсной последовательности $\varphi_A(t)$:

$$\gamma_h = 0,5 \left[1 + K_M \sin \frac{T}{4N} (2h+1) \right] \text{ при } 0 < t < 0,5T; \tag{5}$$

$$\gamma_{N+h} = (1 - \gamma_h) \text{ при } 0,5T < t < T; h = 0, 1, 2, \dots, N-1.$$

Выражения для φ_{A_0} , φ_{A_n} , φ_{B_n} в (3) примут вид [3, 4]

$$\varphi_{A_0} = FA_{0l} U_d; \varphi_{A_n} = FA_{kl} U_d; \varphi_{B_n} = FB_{kl} U_d; k = n = 1, 2, 3 \dots; \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
FA_{kl} &= \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k \gamma_h}{2N} \cos \frac{\pi k}{2N} (2h+1) + \\
&+ \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k (1 - \gamma_h)}{2N} \cos \pi k \cos \frac{\pi k}{2N} (2h+1); \\
FB_{kl} &= \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k \gamma_h}{2N} \sin \frac{\pi k}{2N} (2h+1) + \\
&+ \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k (1 - \gamma_h)}{2N} \cos \pi k \sin \frac{\pi k}{2N} (2h+1); \\
FA_{0l} &= \sum_{h=0}^{N-1} \frac{\gamma_h}{2N} + \sum_{h=0}^{N-1} \frac{(1 - \gamma_h)}{2N}.
\end{aligned}$$

Для низкочастотной части спектра ($N \gg n$) выражения (6) примут следующий вид:

$$\begin{aligned}
\varphi_{A_n} &\approx \frac{U_d}{N} \left[\sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) + \sum_{h=0}^{N-1} \cos \pi n \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) - \right. \\
&\quad \left. - \sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \cos \pi n \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) \right]; \\
\varphi_{B_n} &\approx \frac{U_d}{N} \left[\sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) + \sum_{h=0}^{N-1} \cos \pi n \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) - \right. \\
&\quad \left. - \sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \cos \pi n \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) \right].
\end{aligned}$$

Для $n = 2e$; $e = 1, 2, 3, \dots$

$$\varphi_{A_n} \approx \frac{U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \frac{U_d}{2N} \sin \pi n \left(\sin \frac{\pi n}{2N} \right)^{-1} = 0; n \neq 2N;$$

$$\varphi_{B_n} \approx \frac{U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \frac{U_d}{N} \sin^2 \frac{\pi n}{2} \left(\sin \frac{\pi n}{2N} \right)^{-1} = 0.$$

Для $n = 2e + 1$; $e = 0, 1, 2, \dots$

$$\begin{aligned}
\varphi_{A_n} &\approx \frac{2U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) - \frac{U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \\
&= \frac{U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) + \frac{K_M U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi}{2N} (2h+1) \cos \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \\
&= \frac{K_M U_d}{2N} \left[\sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi(1-n)}{2N} (2h+1) + \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi(1+n)}{2N} (2h+1) \right] = \\
&= \frac{K_M U_d}{2N} \left[\sin^2 \frac{\pi(1-n)}{2} \sin^{-1} \frac{\pi(1-n)}{2N} + \right. \\
&\quad \left. + \sin^2 \frac{\pi(1+n)}{2} \sin^{-1} \frac{\pi(1+n)}{2N} \right] = 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\varphi_{B_n} &\approx \frac{2U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \gamma_h \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) - \frac{U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \\
&= \frac{K_M U_d}{N} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi}{2N} (2h+1) \sin \frac{\pi n}{2N} (2h+1) = \\
&= \frac{K_M U_d}{2N} \left[\sum_{h=0}^{N-1} \cos \frac{\pi(1-n)}{2N} (2h+1) - \sum_{h=0}^{N-1} \cos \frac{\pi(1+n)}{2N} (2h+1) \right] = \\
&= \frac{K_M U_d}{4N} \left[\sin \pi(1-n) \sin^{-1} \frac{\pi(1-n)}{2N} - \sin \pi(1+n) \sin^{-1} \frac{\pi(1+n)}{2N} \right] = 0;
\end{aligned} \tag{7}$$

$$\varphi_{B_1} = \lim_{n \rightarrow 1} \varphi_{B_n} = \frac{K_M U_d}{4N} \lim_{n \rightarrow 1} \frac{\sin \pi(1-n)}{\sin \frac{\pi(1-n)}{2N}} = 0,5 K_M U_d.$$

Выражения (4) для первой гармоники фазного и линейного напряжений примут вид

$$U_{A1} = U_{B1} = U_{C1} = \sqrt{UAA_1^2 + UAB_1^2} = 0,5 K_M U_d;$$

$$U_{AB1} = U_{BC1} = U_{CA1} = \sqrt{ULA_1^2 + ULB_1^2} = 0,5 \sqrt{3} K_M U_d = \sqrt{3} U_{A1}.$$

Таким образом, алгоритм формирования гармонического состава сводится к следующей последовательности шагов:

– по заданным периоду инвертирования и частоте квантования f_h определяется число периодов квантования (кратное трем) за $0,5T$ $N = 0,5T f_h$;

– по заданному значению первой гармоники определяется коэффициент модуляции $K_M = \frac{U_1}{2U_d}$;

– в соответствии с (5) находится скважность h -го импульса;

– определяются моменты включения t_d и отключения t_i ключевых элементов нечетной группы:

$$\begin{aligned}
t_{bAh} &= [h + 0,5(1 - \gamma_h)] T_h; t'_{iAh} = [h + 1 - 0,5(1 - \gamma_h)] T_h \\
&\text{при } 0 < t < 0,5T; \\
t_{bAh} &= 0,5T + (h + 0,5\gamma_h) T_h; t'_{iAh} = 0,5T + (h + 1 - 0,5\gamma_h) T_h \\
&\text{при } 0,5T < t < T;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{bBh} &= t_{bAh} - \frac{2N}{3} T_h; t'_{iBh} = t'_{iAh} - \frac{2N}{3} T_h; t_{bCh} = t_{bAh} + \frac{2N}{3} T_h; \\
t'_{iCh} &= t'_{iAh} + \frac{2N}{3} T_h; T_h = 0,5 \frac{T}{N}.
\end{aligned}$$

Значения первой U_1 и эквивалентной комбинационной

$$U_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{n=2N-7}^{2N+7} U_n^2}$$

гармоник, а также коэффициента гармоник K_G и коэффициента комбинационных гармоник

$$K_{Г.К} = \frac{U_{\Sigma}}{U_1}; K_G = \frac{\sqrt{\sum_{n=3}^{2N-9} U_n^2}}{U_1}$$

при $N = 6, 12$ для различных K_M приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Обобщенные характеристики спектра фазного напряжения при трехфазной синусоидальной ШИМ-1 для $N = 6$

K_M	U_1/U_d	U_2/U_d	$K_{гк}$	K_r
0,1	0,05	0,633	12,765	0,0017
0,2	0,099	0,62	6,268	0,0034
0,3	0,149	0,603	4,054	0,0051
0,4	0,198	0,578	2,916	0,0068
0,5	0,248	0,548	2,211	0,0086
0,6	0,297	0,513	1,727	0,01
0,7	0,347	0,477	1,375	0,012
0,8	0,396	0,44	1,111	0,014
0,9	0,445	0,406	0,911	0,016
1,0	0,495	0,377	0,761	0,018

Таблица 2

Обобщенные характеристики спектра фазного напряжения при трехфазной синусоидальной ШИМ-1 для $N = 12$

K_M	U_1/U_d	U_2/U_d	$K_{гк}$	K_r
0,1	0,05	0,633	12,682	0,00042
0,2	0,1	0,621	6,225	0,00085
0,3	0,15	0,602	4,025	0,0012
0,4	0,2	0,577	2,892	0,0017
0,5	0,249	0,547	2,191	0,0021
0,6	0,299	0,512	1,71	0,0026
0,7	0,349	0,475	1,36	0,003
0,8	0,399	0,438	1,098	0,0035
0,9	0,449	0,404	0,9	0,004
1,0	0,499	0,376	0,753	0,0045

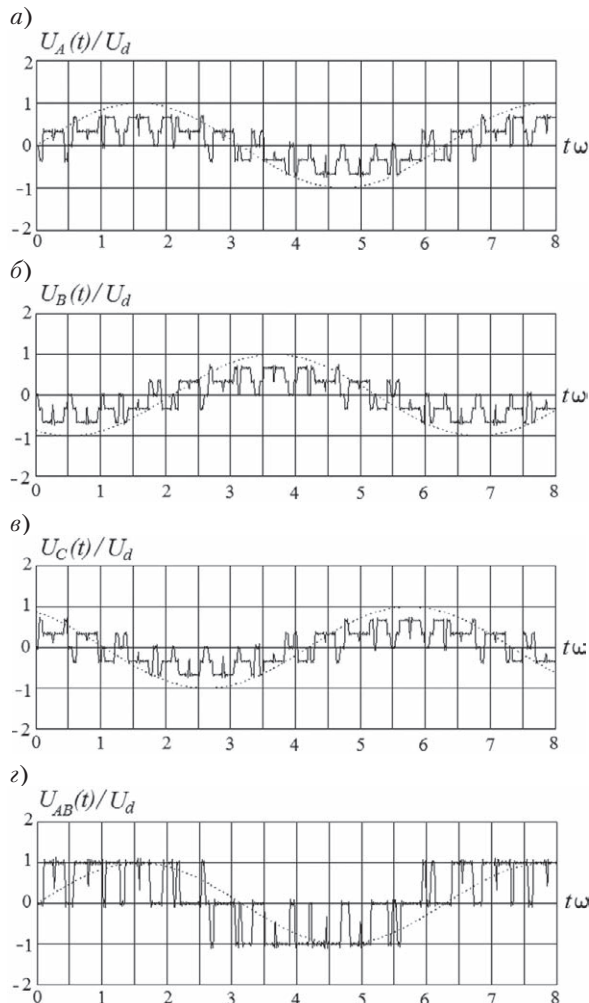


Рис. 3. Эпюры фазных и линейных напряжений при $K_M = 1$; $N = 6$

Эпюры фазных и линейных напряжений (при $K_M = 1$; $N = 6$), рассчитанные в соответствии с (3), (4), (6), представлены на рис. 3. Для сравнения в табл. 3 приведены численные значения K_r , U_2 , U_1 и M_a при трехфазной синусоидальной ШИМ-2 (см. рис. 1). Моменты времени t_{1h} и t_{0h} , т.е. значения c_{1h} , c_{2h} , определяются путем решения трансцендентных уравнений (1), (2).

Таблица 3

Параметры частотного спектра с двухсторонней широтно-импульсной модуляцией второго рода

N	M_a	K_r	U_2/U_d	U_1/U_d	c_{11}	c_{21}
6	1	0,029	0,376	0,486	0,221	0,141
6	0,5	0,012	0,55	0,245	0,235	0,199
12	1	0,007	0,375	0,496	0,235	0,198
12	0,5	0,003	0,547	0,249	0,242	0,225

На рис. 4–11 представлены частотные спектры фазного напряжения для модифицированной ШИМ-1.

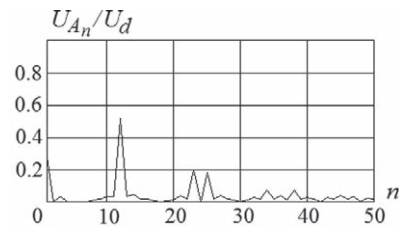


Рис. 4. Спектр при $N = 6$; $K_M = 0,5$

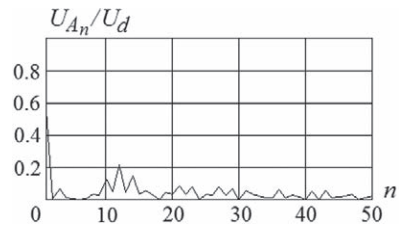


Рис. 5. Спектр при $N = 6$; $K_M = 1$

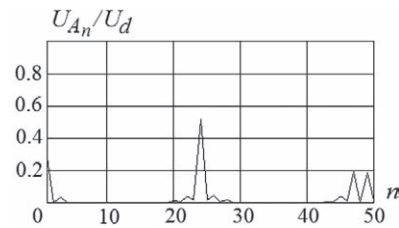


Рис. 6. Спектр при $N = 12$; $K_M = 0,5$

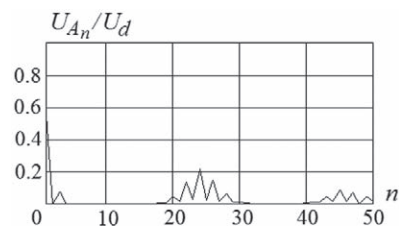


Рис. 7. Спектр при $N = 12$; $K_M = 1$

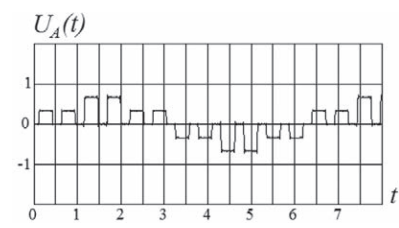


Рис. 8. Эюра $U_A(t)$ при $N = 3$; $\gamma = 0,8$

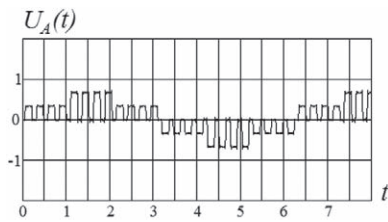


Рис. 9. Эюра $U_A(t)$ при $N = 6$; $\gamma = 0,8$

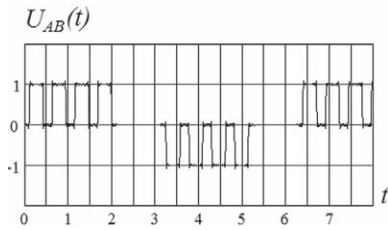


Рис. 10. Эюра $U_{AB}(t)$ при $N = 3$; $\gamma = 0,8$

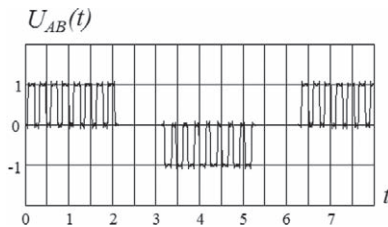


Рис. 11. Эюра $U_{AB}(t)$ при $N = 6$; $\gamma = 0,8$

Из рисунков и таблиц следует:

– синусоидальная трехфазная ШИМ-1 обеспечивает меньшие значения коэффициента гармоник по сравнению с ШИМ-2 при одинаковых значениях первой гармоники выходного напряжения ключевого блока;

– с ростом числа N разница между значениями c_{1h} и c_{2h} уменьшается, а гармонический состав выходного напряжения ключевого блока при ШИМ-2 стремится к гармоническому составу при ШИМ-1.

При широтно-импульсном регулировании выражение для скважности в (5) примет вид

$$\gamma_h = \gamma = 0,5 \left(1 + \frac{V_0}{|V_m|} \right) \in (0 \div 1),$$

где V_0, V_m – заданное и максимальное значения управляющего сигнала.

Выражения для FA_{01} , FA_{k1} , FB_{k1} , ϕA_0 , ϕA_n , ϕB_n в (3) примут вид

$$\begin{aligned} FA_{k1} &= \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k \gamma}{2N} \cos \frac{\pi k}{2N} (2h+1) + \\ &+ \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k (1-\gamma)}{2N} \cos \pi k \cos \frac{\pi k}{2N} (2h+1) = \\ &= \frac{1}{\pi k} \sin \pi k \left(\sin \frac{\pi k}{2N} \right)^{-1} \left[\sin \frac{\pi k \gamma}{2N} + \sin \frac{\pi k (1-\gamma)}{2N} \cos \pi k \right] = 0 \end{aligned}$$

при $k \neq 2Ne$; $e = 1, 2, 3, \dots$;

$$\begin{aligned} FB_{k1} &= \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k \gamma}{2N} \sin \frac{\pi k}{2N} (2h+1) + \\ &+ \frac{2}{\pi k} \sum_{h=0}^{N-1} \sin \frac{\pi k (1-\gamma)}{2N} \cos \pi k \sin \frac{\pi k}{2N} (2h+1) = \\ &= \frac{2}{\pi k} \sin^2 \frac{\pi k}{2} \left(\sin \frac{\pi k}{2N} \right)^{-1} \left[\sin \frac{\pi k \gamma}{2N} + \sin \frac{\pi k (1-\gamma)}{2N} \cos \pi k \right] = 0 \end{aligned}$$

при $k = 2e$;

$$FA_{01} = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{\gamma}{2N} + \sum_{h=0}^{N-1} \frac{(1-\gamma)}{2N} = 0,5(\gamma + 1 - \gamma) = 0,5;$$

$$\phi A_0 = FA_{01} U_d; \quad \phi A_n = FA_{k1} U_d; \quad \phi B_n = FB_{k1} U_d; \quad k = n.$$

Значения ϕA_n при $k = n = 2Ne$ примут вид

$$\begin{aligned} \phi A_n &= \frac{2U_d}{\pi n} \sin \frac{\pi n}{4N} \cos \frac{\pi n}{4N} (2\gamma - 1) \lim_{n \rightarrow 2Ne} \left[\sin \pi n \left(\sin \frac{\pi n}{2N} \right)^{-1} \right] = \\ &= \frac{4NU_d}{\pi n} \sin \frac{\pi n}{4N} \cos \frac{\pi n}{4N} (2\gamma - 1) \left(\cos \frac{\pi n}{2N} \right)^{-1}. \end{aligned}$$

Выражение для ϕB_n при $k = n = 2e + 1$ примет вид

$$\phi B_n = \frac{2U_d}{\pi n} \left(\sin \frac{\pi n}{2N} \right)^{-1} \left[\sin \frac{\pi n \gamma}{2N} - \sin \frac{\pi n (1-\gamma)}{2N} \right]; \quad \gamma \in (0 \div 1).$$

Из приведенных выражений следует, что гармонический состав выходного напряжения содержит нечетные гармоники, не кратные трем.

Выражения для первой гармоники фазного и линейного напряжения имеют вид

$$\begin{aligned} U_{A1} = U_{B1} = U_{C1} &= \sqrt{U_{AA1}^2 + U_{AB1}^2} = \phi B_1 = \\ &= \frac{4U_d}{\pi} \cos \frac{\pi}{4N} \sin \frac{\pi}{4N} (2\gamma - 1) \left(\sin \frac{\pi}{2N} \right)^{-1} \approx \frac{2U_d}{\pi} (2\gamma - 1); \\ U_{AB1} = U_{BC1} = U_{CA1} &= \sqrt{U_{LA1}^2 + U_{LB1}^2} = \sqrt{3} \phi B_1. \end{aligned}$$

При реализации базового алгоритма с π -градусной проводимостью

$$N = 1; \quad \gamma = 1; \quad FA_{kA} = 0; \quad FB_{kA} = \frac{2}{\pi k}; \quad \phi A_0 = 0,5U_d;$$

$$\phi A_n = 0; \quad \phi B_n = \frac{2U_d}{\pi n};$$

$$U_{A1} = U_{B1} = U_{C1} = \frac{2U_d}{\pi}; \quad U_{AB1} = U_{BC1} = U_{CA1} = 2\sqrt{3} \frac{U_d}{\pi}.$$

На рис. 8–11 представлены эюры фазного и линейного напряжения, рассчитанные в соответствии с (4), из которых видно, что количество импульсов фазного напряжения на полупериоде инвертируемого напряжения равно $2N$, где $N = 3e$; $e = 1, 2, 3, \dots$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. – Н.: Изд-во НГТН, 2001. – 250 с.
2. Розанов Ю.К., Рябчинский М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника. – М.: ИД МЭИ, 2007. – 631 с.
3. Лихоманов А.М. Обратные задачи динамики в электромеханических системах. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2011. – 390 с.
4. Дмитриев Б.Ф., Ратников И.В., Лихоманов А.М., Розов А.Ю. Анализ и синтез гармонического состава выходного напряжения регуляторов переменного тока в автономных системах электропитания с импульсной нагрузкой // Морской вестник. – 2012. – № 1. – С. 78–81. ■

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ КОЛЕБАНИЯ СТРУНЫ И ЕГО НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛОГ

Ш.Г. Алиев, *д-р техн. наук, проф., ген. конструктор* ОАО «Завод «Дагдизель»,
М.М. Зайнулабидов, *канд. физ.-мат. наук, проф.* ФГБОУ ВО «ДГПУ»,
контакт. тел. 8(967) 000 1928

В кораблестроительной практике часто встречается задача определения расстояния между двумя объектами, когда они движутся с разными скоростями.

Еще классики Г. Лоренц, В. Шереметевский [1] сформулировали, но не решили задачу определения расстояния между двумя произвольными траекториями.

Мы получили решение этой задачи [2] в виде нелинейного колебания. Настоящая работа является дальнейшим обобщением и развитием проблемы. Полагаем в ближайшее время напечатать отдельные частные задачи этой общей проблемы, играющей большую роль в разных областях.



Рис. 1

Как известно, линейное уравнение колебания струны получается при математическом моделировании процесса в условиях сильных требований протекания явления типа малости, постоянства силы натяжения и т. д.

Возникает проблема математического моделирования процесса колебания струны в более общем виде или без всяких ограничений, или при слабых допущениях.

Предлагаемая статья посвящена частичному решению этой проблемы с математической точки зрения.

Известно, что решение $u(x, t)$ уравнения $\frac{\partial u}{\partial t} + a \frac{\partial u}{\partial x} = 0$ представимо в виде $u(x, t) = f(x - at)$, где f – произвольная дифференцируемая функция, $a \in \mathbb{R}$.

Представляет интерес исследовать уравнение, для которого решение $u(x, t)$ имеет представление $u(x, t) = f[\omega(x, t)]$, где $\omega(x, t)$ – заданная дифференцируемая функция, для которой $\frac{\partial \omega}{\partial t} \neq 0$. Непосредственной подстановкой легко показать, что таким уравнением является уравнение

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \omega \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial u}{\partial t} \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} - \omega \right) = 0. \quad (1)$$

В частности, когда $\omega(x, t) = v(x, t)t$, уравнение (1) принимает вид

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t} t + v \right) \frac{\partial u}{\partial x} + (1 - t \frac{\partial v}{\partial x}) \frac{\partial u}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

и его решение $u(x, t)$ имеет вид

$$u(x, t) = f[x - v(x, t)t]. \quad (3)$$

Нелинейным аналогом (2) является уравнение Римана $\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = 0$, решение которого, как известно [3, с. 304], представимо в неявном виде $u(x, t) = f[x - u(x, t)t]$.

В связи со сказанным выше относительно уравнения первого порядка возникает определенный интерес найти уравнения второго порядка, для которого по аналогии с формулой Даламбера $u(x, t) = f(x + at) + g(x - at)$ для уравнения $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$ решение можно представить в виде

$$u(x, t) = f[x + \omega(x, t)t] + g[x - \omega(x, t)t], \quad (4)$$

где f и g – произвольные достаточно гладкие функции, а $\omega(x, t)$ – заданная дважды дифференцируемая функция, такая, что $\frac{\partial \omega}{\partial t} \equiv \omega_t(x, t) \neq 0$.

Непосредственной подстановкой можно убедиться в том, что решение $u(x, t)$ уравнения

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} Lu - \frac{\partial u}{\partial t} L\omega = 0, \quad (5)$$

где $Lu = \left[1 - \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 \right] \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial t} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} - \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ представимо в виде (4).

В самом деле из (4) имеем

$$\frac{\partial u}{\partial t} = [f'(\xi) - g'(\eta)] \frac{\partial \omega}{\partial t};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = [f''(\xi) + g''(\eta)] \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2 + [f'(\xi) - g'(\eta)] \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} = [f''(\xi)(1 + \frac{\partial \omega}{\partial x}) - g''(\eta)(1 - \frac{\partial \omega}{\partial x})] \frac{\partial \omega}{\partial t} + [f'(\xi) - g'(\eta)] \frac{\partial^2 \omega}{\partial t \partial x};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f''(\xi)(1 + \frac{\partial \omega}{\partial x})^2 + g''(\eta)(1 - \frac{\partial \omega}{\partial x})^2 + [f'(\xi) - g'(\eta)] \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где $\xi = x + \omega$; $\eta = x - \omega$.

Подставляя (6) в (5), после элементарных преобразований получаем тождество $[f'(\xi) - g'(\eta)] \left[\frac{\partial \omega}{\partial t} Lu - \frac{\partial u}{\partial t} L\omega \right] \equiv 0$, которое означает, что (4) является решением (5).

Кстати, то что (4) является решением (5), можно доказать и другим способом.

Замена переменных по формулам

$$\xi = x + \omega; \quad \eta = x - \omega; \quad U \left[\frac{\xi + \eta}{2}, t(\xi, \eta) \right] = W(\xi, \eta), \quad (7)$$

где $t(\xi, \eta)$ – решение уравнения $\frac{\xi - \eta}{2} = \omega \left(\frac{\xi + \eta}{2}, t \right)$ сводит (5)

к уравнению $\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \eta} = 0$, решение которого представимо в виде

$$w(\xi, \eta) = f(\xi) + g(\eta). \quad (8)$$

Возвращаясь в (8) к переменным u, x, t , согласно (7), получаем формулу (4) как решение (5).

В частном случае, когда $\omega(x, t) = at$, уравнение (5) совпадает с уравнением колебания струны и формула (4) совпадает с его общим решением [3, с. 27–29], что позволяет уравнение (5) называть *обобщенным уравнением колебания струны*.

При $\omega(x, t) = tv(x, t) \neq c(x)$ уравнение (5) принимает вид

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t} t + v \right) Lu - \frac{\partial u}{\partial t} L[vt] = 0, \quad (9)$$

и его решение $u(x, t)$ представимо в виде:

$$u(x, t) = f[x + tv(x, t)] + g[x - tv(x, t)]. \quad (10)$$

Нелинейным аналогом уравнения (5) является уравнение

$$uLu - 2 \frac{\partial u}{\partial t} \left[\frac{\partial u}{\partial t} + tu \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \right] = 0, \quad (11)$$

где

$$Lu = \left(1 - \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 t^2 \right) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2t \frac{\partial u}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} - \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right)^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (12)$$

которое получается из (5) при $\omega(x, t) = u(x, t)t$.

Решение $u(x, t)$ уравнения (11) представимо в неявном виде

$$u(x, t) = f[x + u(x, t)t] + g[x - u(x, t)t], \quad (13)$$

где f и g – произвольные дважды дифференцируемые функции.

В самом деле из (13) имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= [f'(\xi) - g'(\eta)] \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right); \quad \frac{\partial u}{\partial x} = f'(\xi) \left(1 + \frac{\partial u}{\partial x} t \right) + g'(\eta) \left(1 - \frac{\partial u}{\partial x} t \right); \\ \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= [f''(\xi) + g''(\eta)] \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right)^2 + [f'(\xi) - g'(\eta)] \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} t + 2 \frac{\partial u}{\partial t} \right); \\ \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} &= f''(\xi) \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right) \left(1 + \frac{\partial u}{\partial x} t \right) - g''(\eta) \left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right) \left(1 - \frac{\partial u}{\partial x} t \right) + \\ &+ [f'(\xi) - g'(\eta)] \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} t + \frac{\partial u}{\partial x} \right); \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &= f''(\xi) \left(1 + \frac{\partial u}{\partial x} t \right)^2 + g''(\eta) \left(1 - \frac{\partial u}{\partial x} t \right)^2 + [f'(\xi) - g'(\eta)] t \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \end{aligned} \quad (14)$$

где $\xi = x + u(x, t)t$; $\eta = x - u(x, t)t$.

Подставляя (13) и (14) в (12), после элементарных преобразований в силу $\frac{\partial u}{\partial t} t + u \neq 0$, получаем равенство

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t} t + u \right) Lu = \frac{\partial u}{\partial t} [tLu + 2 \left(\frac{\partial u}{\partial t} + tu \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \right)],$$

которое совпадает с (11).

Имея общие представления (4), (10), (13) решений уравнений (5), (9), (11) соответственно, нетрудно исследовать для них задачи Коши, Гурса и Дарбу в их классических постановках.

Ограничимся рассмотрением задачи Коши.

Найти решение $u(x, t)$ уравнения (5), удовлетворяющее начальным условиям

$$u(x, 0) = \tau(x), \quad u_t(x, 0) = \gamma(x), \quad -\infty < x < +\infty, \quad (15)$$

где $\tau(x)$, $\gamma(x)$ – заданные достаточно гладкие функции.

Подчиняя (4) условиям (15), будем иметь

$$\begin{aligned} \tau'(x) &= f'[x + \omega(x, 0)] [1 + \omega_x(x, 0)] + g'[x - \omega(x, 0)] [1 - \omega_x(x, 0)]; \\ \gamma(x) &= \{ f'[x + \omega(x, 0)] - g'[x - \omega(x, 0)] \} \omega_t(x, 0). \end{aligned} \quad (16)$$

Равенства (16) составляют линейную алгебраическую систему уравнений относительно неизвестных $f'[x + \omega(x, 0)]$ и $g'[x - \omega(x, 0)]$ и ее единственное решение определяется формулами

$$\begin{aligned} 2f'[x + \omega(x, 0)] &= \tau'(x) + \gamma_1(x) [1 - \omega_x(x, 0)]; \\ 2g'[x - \omega(x, 0)] &= \tau'(x) - \gamma_1(x) [1 + \omega_x(x, 0)], \end{aligned} \quad (17)$$

где $\omega_t(x, 0)\gamma_1(x) = \gamma(x)$; $\omega_t(x, 0) \neq 0$.

Равенства (17) можно переписать в виде

$$f'(\xi) = F(\xi); \quad g'(\eta) = G(\eta), \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} 2\varphi'F(\xi) &= \tau'[\varphi(\xi)]\varphi' + \gamma_1[\varphi(\xi)][2\varphi'(\xi) - 1]; \\ \xi &= x + \omega(x, 0); \quad \varphi[x + \omega(x, 0)] \equiv x; \\ 2\psi'G(\eta) &= \tau'[\psi(\eta)]\psi'(\eta) + \gamma_1[\psi(\eta)][2\psi'(\eta) + 1]; \\ \eta &= x - \omega(x, 0); \quad \psi[x - \omega(x, 0)] \equiv x. \end{aligned}$$

Интегрируя (18) с учетом формулы (4), получаем, что решением задачи Коши (5), (15) является функция

$$u(x, t) = \int_{\omega(0,0)}^{x+\omega(x,t)} F(z) dz + \int_{-\omega(0,0)}^{x-\omega(x,t)} G(z) dz + \tau(0). \quad (19)$$

Если $\omega(x, t) = t\nu(x, t)$, $\nu(x, 0) \neq 0$, то формулы (17) принимают вид

$$\begin{aligned} 2f'(x) &= \tau'(x) + \gamma_1(x); \\ 2g'(x) &= \tau'(x) - \gamma_1(x), \end{aligned} \quad (20)$$

где $\gamma_1(x)\nu(x, 0) = \gamma(x)$.

В результате подстановки решения $f(x)$, $g(x)$ системы (20) в формулу (10) получим, что решение $u(x, t)$ задачи Коши (9), (15) имеет представление

$$u(x, t) = \frac{\tau[x + t\nu(x, t)] + \tau[x - t\nu(x, t)]}{2} + \frac{1}{2} \int_{x-t\nu}^{x+t\nu} \frac{\gamma(s)}{\nu(s, 0)} ds. \quad (21)$$

Из (21) при дополнительном условии, что $\tau(x) \neq 0$, можно получить нелинейное представление решения $u(x, t)$ задачи Коши (11), (15) для нелинейного уравнения (11) в виде

$$u(x, t) = \frac{\tau[x + tu(x, t)] + \tau[x - tu(x, t)]}{2} + \frac{1}{2} \int_{x-tu}^{x+tu} \frac{\gamma(s)}{\tau(s)} ds. \quad (22)$$

Обратим внимание на то, что требование $\tau(x) \neq 0$ является необходимым условием разрешимости задачи Коши для нелинейного уравнения (11).

Найти общие условия для $\tau(x)$ и $\gamma(x)$, при которых уравнение (22) разрешимо относительно неизвестного $u(x, t)$, достаточно сложно.

Наиболее простой случай рассмотрен в [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ш.Г., Зайнулабидов М.М. К теории нелинейных колебательных процессов // Вестник Нижегородского ун-та им. Лобачевского. – 2011. – №4. – Ч. V.
2. Лоренц Г.Н., Шереметевский В.П. Элементы высшей математики. – М., 1926.
3. Мартинсон Л.К., Малов Ю.И. Дифференциальные уравнения математической физики. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 367 с. ■

«Важным направлением транспортной политики в области развития транспортной инфраструктуры является содействие созданию единого информационного пространства транспортного комплекса, обеспечивающего снижение издержек взаимодействия различных видов транспорта, грузоотправителей, грузополучателей, государственных контрольных, таможенных, пограничных и других органов, участвующих в осуществлении процессов перевозок», – говорится в «Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г.» [1].

Тематика е-Навигации довольно популярна в последнее время среди всех производителей навигационно-связной аппаратуры, потребителей и лиц, причастных к процедурам судовождения и управления этим процессом. Такое положение дел возникает по понятным причинам: технологическое развитие общества не стоит на месте, сегодня уже никто не удивляется наличию датчиков координатно-временного обеспечения на личных телефонах и передаче достаточно больших объемов информации по некоммутируемым каналам связи.

Сама тема возникла с появлением компьютеров в распоряжении судоводителей и профессиональным их использованием в предметной области [2, 3]. Развитие она получила в создании наиболее востребованных систем: средств автоматической радиолокационной прокладки (САПП/ARPA*), электронных картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС/ECDIS), систем управления движением судов (СУДС/VTS), глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ/GMDSS), автоматических идентификационных систем (АИС/AIS), интегрированных навигационных систем (ИНС/INS), интегрированных мостиковых систем (ИМС/IBS) и других.

Исследователи указывали различные названия приборов, систем и технологий, используемых для «электронной» навигации. В отечественных изданиях термин «е-Навигация» («e-Navigation») впервые был использован для обозначения навигации, опирающейся на решение задач повышения безопасности плавания с использованием интернет-технологий [4]. Впоследствии термин e-Navigation был закреплен в международном сообществе [5, 6] и стал однозначно трактоваться как улучшение, расширение возможностей навигации от английского to enhance. Краткая история официального развития стратегии е-Навигации в международном сообществе представлена в табл. 1.

Согласно определению Международной морской организации (ММО/

ОТ СТРАТЕГИИ Е-НАВИГАЦИИ К КОНЦЕПЦИИ И-АКВАТОРИИ

*Г. И. Безбородов, канд. техн. наук, доцент, вед. специалист,
М. И. Исмагилов, канд. техн. наук, доцент, директор Департамента картографии и гидрографии, АО «Кронштадт Технологии»,
контакт. тел. (812) 449 9090*

Таблица 1

Этапы развития стратегии е-Навигации

Дата	Документ	Название
2005.12.19	IMO MSC 81/23/10	Принятие рабочей программы «Development of an e-Navigation strategy»
2006.05.22	IALA	Конференция Международной ассоциации маячных служб (МАМС/IALA), выступление с докладом по е-Навигации генерального секретаря Международной морской организации (ММО/ИМО) Е.Митропуласа (Efthikios Mitropoulos) и формирование Международного Комитета по е-Навигации МАМС
2006.08.15	IMO Nav52	Учреждение Подкомитетом по безопасности мореплавания Координационной группы ММО (Correspondence Group IMO) под руководством Великобритании (пп. 17.18-17.30)
2007.07	IMO Nav53	Определение основных целей концепции е-Навигации, даны ответы рабочей группы на вопросы по е-Навигации
2008.07	IMO Nav54	Подготовка проекта Стратегии по разработке и внедрению е-Навигации
2008.12.19	IMO MSC 85/26/Add.1 Annex 20, 21	Принятие Стратегии по разработке и внедрению е-Навигации [7, 8]
2014.11.26	IMO MSC 94/21 NCSR 1/28 Annex 7	Одобрение Стратегического плана внедрения (СПВ/SIP) е-Навигации (пп. 9.15-9.16, 18.16-18.17) [9]

ИМО) «е-Навигация представляет собой гармонизированные мероприятия по сбору, интеграции, обмену, представлению и анализу морских данных на судах и на берегу при помощи электронных средств с целью совершенствования мореплавания и повышения эффективности связанных с ним служб обеспечения безопасности, охраны на море и защиты морской окружающей среды» [7]. В этом же документе ИМО определено предназначение е-Навигации как «удовлетворение актуальных и будущих потребностей пользователей посредством согласования морских навигационных систем и береговых служб обеспечения», определены ее стратегическая концепция и основные цели. В документе перечислены основные требования к реализации и использованию е-Навигации, а также потенциальные пользователи, сгруппированные по потребностям. Там же определены и описаны ключевые элементы е-Навигации, включающие архитектуру, человеческий фактор, конвенции и стандарты, местоположение судна, коммуникационную технологию и информационные системы, электронные навигационные карты (ЭНК/ENC), стандартизацию оборудования и его масштабируемость [7]. Реализация стратегии е-Навигации была представлена как поэтапный ите-

рационный процесс непрерывного развития (рис. 1).

В документе [7] определена ответственность ИМО и контроль за развитием стратегии е-Навигации.

В рамочной программе реализации стратегии е-Навигации [8] были уточнены требования к плану внедрения, сформулированы требования к архитектуре е-Навигации: «Архитектура должна включать аппаратное обеспечение, данные, информацию, коммуникационную технологию и программное обеспечение, необходимые для удовлетворения потребностей пользователей. Системная архитектура должна основываться на модульной и расширяемой концепции. Аппаратное и программное обеспечение системы должны основываться на открытых архитектурах с возможностью расширения в соответствии с потребностями разных пользователей и адаптации к продолжающейся разработке и усовершенствованию» [8].

При анализе пробелов (узких мест) реализации стратегии е-Навигации акцентируется внимание на технических, правовых, эксплуатационных аспектах и факторах обучения как главных составляющих учета человеческого фактора в ходе всего процесса. Анализ рентабельности и рисков становится неотъемлемой час-

* Здесь и далее наряду с общепринятым русскоязычным сокращением указано англоязычное сокращение.

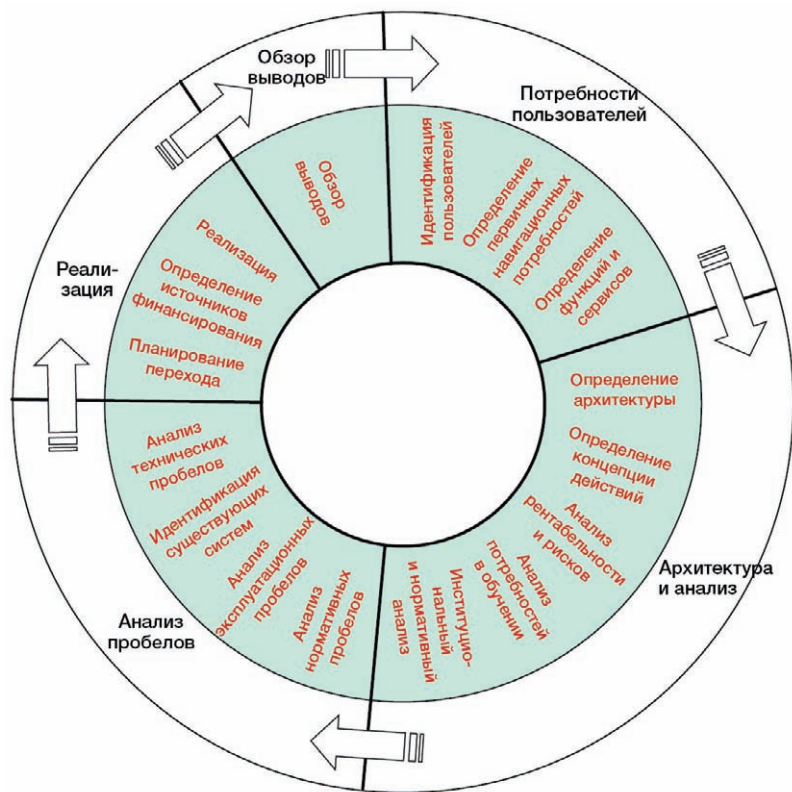


Рис. 1. Поэтапный процесс реализации стратегии е-Навигации

тью реализации стратегии е-Навигации, в ходе которой должны рассматриваться финансовые и экономические аспекты, а также производиться оценка влияния на безопасность плавания судов и обеспечение защиты окружающей среды.

На основе первых принятых решений в ИМО на региональных уровнях в полной мере приступили к их воплощению и реализации, краткое описание этих проектов [10–15] представлено в табл. 2. Первые полученные результаты и активная работа специалистов в рамках международных организаций – ИМО, Международной гидрографической организации (МГО/ИНО), Международной ассоциации маячных служб (МАМС/IALA) и других – привели к намеченным результатам:

- принятию Стратегического плана внедрения (СПВ/SIP) е-Навигации [9];
 - системному и плановому характеру исследований с отчетом о них на ежегодных конференциях [16, 17];
 - систематическому и последовательному достижению поставленных целей.
- Стратегический план внедрения е-Навигации поставил своей целью

Таблица 2

Характеристика основных проектов е-Navigation за период 2006-2018 гг.

Проект	Сроки	Затраты, млн. евро	Акватория	Участники	Основные результаты	Примечание
МЕН (Морской электронный хайвэй)	2006.06–2012.08	8,3	Малаккский и Сингапурский проливы	ММО, Индонезия, Малайзия, Сингапур, Южная Корея	Создание региональной сети центров управления движением судов (УДС), развитие морских сервисов, обеспечивающих навигационную безопасность плавания и охрану окружающей среды. Передача системы ММО в эксплуатацию и обслуживание Индонезии (центр в Батаме).	Позднее введен центр УДС в Сингапуре
EfficienSea	2009–2012	8	Балтийское море	17 участников, страны: Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Польша и Эстония	Повышение безопасности мореплавания путем реализации четко скоординированных действий. Уточнение сервисов, необходимых при плавании: в районах, оборудованных центрами СУДС, интенсивного судоходства и открытом море. Тестирование оборудования e-Navigation, размещенного на судах и береговой инфраструктуре. Создание службы передачи метео- и океанографических данных по маршруту (METOC).	Решение о продолжении проекта
MonaLisa	2010–2013	22,4	Балтийское море	ЕС, Дания, Швеция, Финляндия	Внедрение инновационных сервисов e-Navigation для повышения безопасности плавания и оптимизации маршрутов судов в Балтийском море. Разработка концепции управления движением судов (STM).	Решение о продолжении проекта
ACCSEAS	2012.04–2015.02	5,6	Северное море	11 участников, страны: Дания, Германия, Швеция, Норвегия, Нидерланды, Великобритания	Практические испытания судовой аппаратуры и береговой инфраструктуры, реализующих технологии e-Navigation. Создание географической информационной системы (ГИС/GIS) на район Северного моря.	
EfficienSea 2	2015–2017	11	Балтийское море	32 участника, страны: Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Польша, Эстония, Германия, Франция, Австрия, Мальта, Великобритания и Латвия	Апробация технологий e-Navigation, создание сервисов обеспечения безопасности плавания в труднодоступных районах (Арктика и др.), внедрение в практику и тестирование элементов технологии «Морское облако», разработка стандартов для соответствующих процедур. Тестирование наиболее эффективных каналов коммуникации на море, развитие новой низкокзатратной системы обмена данными на ОВЧ (VDES).	
MonaLisa 2.0	2013–2015	24 (из них 50% ЕС)	Балтийское море	39 участников из 10 европейских стран	Усовершенствование процедур предыдущего этапа, подтверждение соответствия разработанной концепции УДС требованиям формализованной оценки безопасности (ФОБ/FSA), разработка концепции создания европейской сети морских тренажеров (ECMT/EMSN).	
Sea Traffic Management Validation Project	2015–2018	43	Балтийское море	39 участников, страны: Швеция, Австрия, Италия, Великобритания, Финляндия, Испания, Португалия, Кипр, Мальта, Дания, Германия, Нидерланды и Норвегия, 300 судов, 10 портов и 3 СУДС	Дальнейшее развитие и тестирование решений, созданных в контексте концепции УДС. Отработка сервисов управления рейсами, транспортными потоками и совместного принятия решений в порту, разработка общего технического формата обмена маршрутными данными RTZ (IEC 61174). Нарращивание европейской сети морских тренажеров. Разработка общей информационной среды (SeaSWIM) – «Морского облака».	

реализацию пяти приоритетных решений:

- S1: усовершенствованная, гармонизированная и удобная для использования конструкция ходового мостика;
- S2: средства стандартизированного и автоматизированного создания отчетов;
- S3: улучшенная надёжность, способность к восстановлению функций и целостность оборудования ходового мостика и навигационной информации;
- S4: интеграция и представление информации, полученной при помощи коммуникационного оборудования на графических дисплеях;
- S9: усовершенствованные коммуникации Портфеля услуг СУДС (не ограниченные для СУДС) [9].

В решениях S2, S4 и S9 основное внимание фокусируется на эффективной передаче морской информации и данных соответствующим пользователям (судно–судно, судно–берег, берег–судно и берег–берег). Решения S1 и S3 должны способствовать эффективному практическому применению информации и данных на судне. В качестве части

действий и идентификаторами задач по их реализации. Формат журнальной статьи не позволяет раскрыть данный вопрос более подробно.

В рамках усовершенствованного предоставления услуг судам посредством е-Навигации в Стратегическом плане внедрения определен портфель морских сервисов (ПМС/МSP) СУДС в качестве средства предоставления электронной информации судоводителям наиболее удобным образом: MSP 1-16. Для предоставления услуг MSP в СПб определены шесть районов: 1) акватория порта и подходы к нему; 2) прибрежные воды и районы с ограниченным доступом; 3) открытое море и открытые районы; 4) районы с разработками морских месторождений и/или разработки инфраструктур; 5) полярные районы; 6) другие удаленные районы.

В Стратегическом плане внедрения е-Навигации [9], кроме того, приведены: перечень задач, представляемая документация и график реализации плана на 2014–2020 гг. Общая береговая и судовая архитектура е-Навигации с коммуникационными каналами согласно плану показана на рис. 2.

ванной оценкой безопасности (ФОБ/ FSA), и трех руководств для систем е-Навигации:

- Руководство по антропоцентрической конструкции (HCD);
- Директива по проверке на простоту использования, анализу и оценке (U-TEA);
- Руководство по обеспечению качества программного обеспечения (SQA).

В Стратегическом плане внедрения подчеркивается, что дополнение стратегии е-Навигации будет представлять собой «непрерывный процесс отслеживания потребностей пользователей и внедрения новых технологий для получения дополнительных функциональных возможностей существующих и возможных будущих систем». Также акцентируется внимание на коммуникациях как ключевом элементе е-Навигации. Существующие средства связи, используемые для сигналов бедствия, и коммуникации, связанные с безопасностью (ГМССБ/GMDSS, АИС/AIS), приобретаемые (арендуемые) каналы: спутниковые решения (ИНМАРСАТ, Iridium и системы наземной спутниковой связи VSAT), наземная телефонная

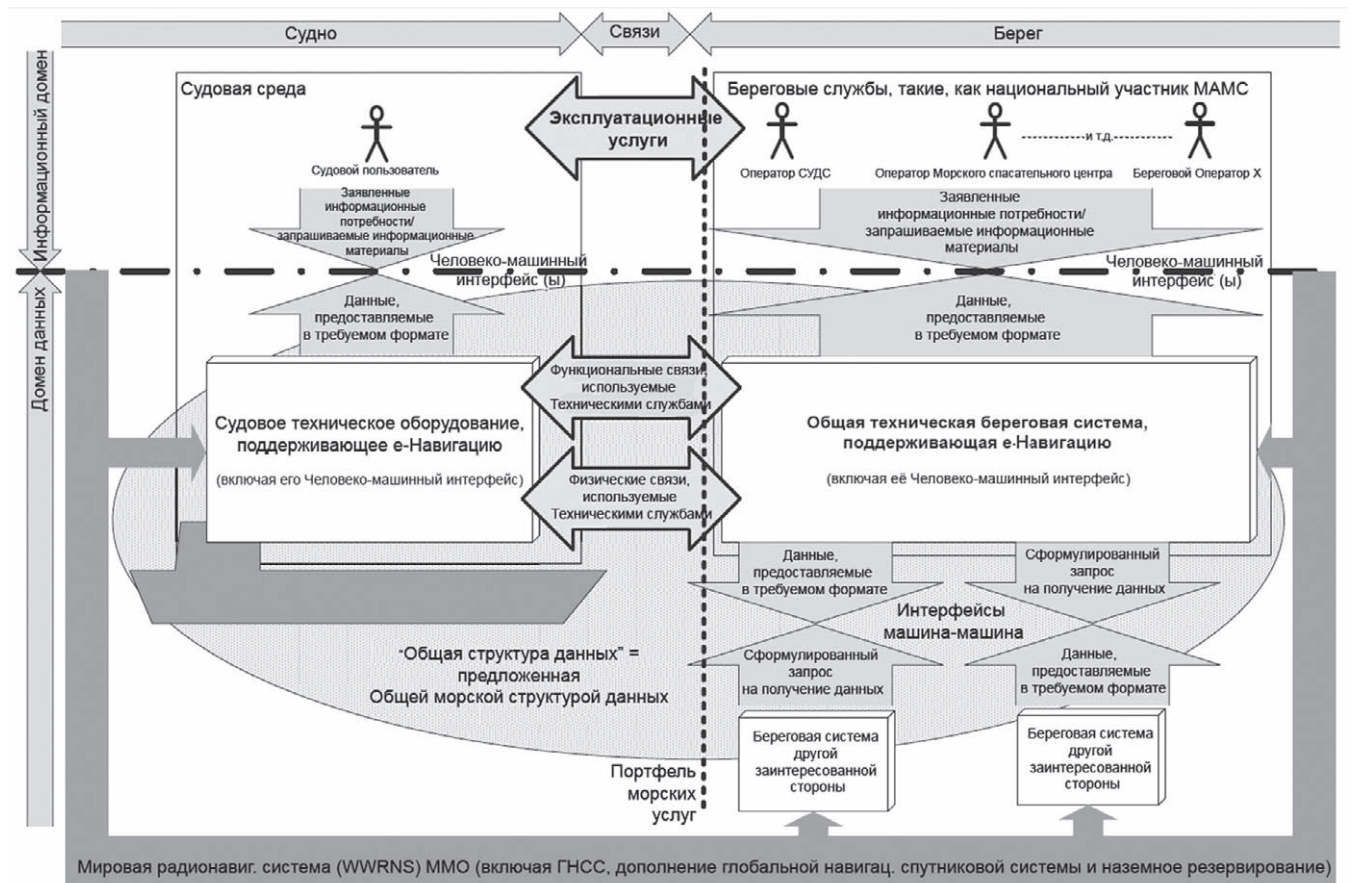


Рис. 2. Общая береговая и судовая архитектура е-Навигации с коммуникационными каналами

каждого из вышеуказанных приоритетных решений е-Навигации были определены подрешения, приведенные в таблицах документа [9] с подробным описанием, расшифровкой необходимых

Комплексный подход к взаимодействию между судовыми и береговыми пользователями по СПб предполагает комбинацию пяти решений е-Навигации (S1–S9), поддерживаемых формализо-

связь и сети передачи данных GSM 3G и 4G. Будущие коммуникационные системы должны стать разработанными решениями для е-Навигации и включать ОВЧ/VHF данные (VDES) и NAVDAT,

базирующиеся на таких Интернет-технологиях как морские облачные услуги. При рассмотрении эффективных и надежных судовых коммуникаций, в документе [9] подчеркнута ориентация разработки систем коммуникаций на IP-технологии.

В России тематика е-Навигации получила развитие в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие гражданской морской техники» [18–21], в 2009–2010 гг. была выполнена научно-исследовательская работа «Подход-Т» и в ее развитие в 2012–2014 гг. опытно-конструкторская работа «Подход-НАВ-Т». В этих работах, выполненных при активном участии Группы «Кронштадт» в лице АО «Кронштадт» (до переименования в 2015 г. – ЗАО «Транзас»), осуществлена разработка компонентов обеспечения е-Навигации в виде дополнений интегрированных систем для морских судов [21].

Опыт исследований по тематике е-Навигации в рамках НИР «Подход-Т», позволил специалистам Группы «Кронштадт» стать одними из инициаторов включения данного направления в формирующуюся тогда программу ФЦП «ГЛОНАСС» на 2012–2020 гг. Как результат этой работы в программе ФЦП «ГЛОНАСС» на 2016–2020 гг. по линии Министерства транспорта Российской Федерации началась реализация ОКР «е-Море», о первых результатах выполнения которой будет рассказано далее.

Наряду с ОКР «е-Море», еще одним драйвером развития е-Навигации в России стала рабочая группа MariNet в составе комплексной государственной программы «Национальная технологическая инициатива» (НТИ), созданной в 2015 г. Благодаря взаимодействию Группы «Кронштадт» с компаниями, входящими в MariNet, появилась синергия разработчиков и исследователей в целях комплексного и взаимодополняющего развития двух вышеуказанных государственных программ.

Содержанием первого этапа ОКР «е-Море» в 2016 г., выполненного Группой «Кронштадт» по заказу Минтранса России, стало «Создание тестовой акватории, обеспечивающей всестороннюю проверку и отработку разрабатываемых навигационных, связанных, информационных систем и комплексов судовой и береговой иерархической инфраструктуры в рамках глобальной концепции е-Навигации» [22].

В рамках работ первого этапа ОКР в 2016 г. впервые в России начато формирование уникальной тестовой акватории (ТА) е-Навигации в северо-западном регионе, включающей в себя морскую часть – восточную часть Финского залива от о. Гогланд до Большого порта



Рис. 3. Тестовая акватория е-Навигации в северо-западном регионе России

Санкт-Петербург с зоной ответственности региональной СУДС «Раскат» (г. Петродворец) и речную часть – реки Нева, Свирь и южная часть Ладожского озера с зоной ответственности службы движения судов (СДС) ФБУ «Администрация «Волго-Балт» (рис. 3). Инновационность ТА е-Навигации на Северо-Западе России заключается в сращивании морских и речных технологий судовождения, в том числе с учётом наработок в рамках общеевропейской концепции Речных информационных служб (РИС). СУДС «Раскат» и СДС в Шлиссельбурге укомплектованы автоматизированными рабочими местами е-Навигации, интегрированными с уже имеющимися источниками данных (рис. 4).

логической обстановке, местоположении судов, состоянии фарватеров и др.

Важнейшим элементом оборудования тестовой акватории является возможность использования традиционных каналов ОВЧ-радиосвязи на морском и речном сегментах в совокупности с новейшими телекоммуникационными технологиями: беспроводные сети стандартов 3G и 4G, WiFi и WiMax, спутниковые каналы связи Iridium SBD и SAT-AIS.

Среди результатов выполненных исследований в рамках ОКР «е-Море» 2016 г. [22] следует отметить:

- проведение впервые в России всестороннего детального анализа существующих и перспективных технологий, применяемых на морском и



Рис. 4. Опытный образец рабочего места берегового сегмента е-Навигации тестовой акватории

Кроме того, осуществлено комплектование семи судов ФГУП «Росморпорт», работающих в тестовой акватории восточной части Финского залива, и пяти судов ФБУ «Администрация «Волго-Балт» опытными образцами ЭКНИС, адаптированными для задач е-Навигации (рис. 5). Поставлено 10 переносных лоцманских комплектов (рис. 6), по пять для каждого сегмента ТА: морского и речного соответственно, для обеспечения лоцманов информацией о навигационно-гидрографической и гидрометеоро-

внутреннем водном транспорте по реализации стратегии е-Навигации как в мире, так и в России;

- разработка проекта Плана внедрения (дорожной карты) е-Навигации в РФ и технического проекта на создание тестовой акватории;
- проведение анализа стандартов и отраслевой документации, регламентирующих безопасность плавания судов и организацию связи;
- проведение обследования объектов тестовой акватории, разработ-



Рис. 5. Опытный образец ЭКНИС, адаптированной для задач e-Навигации



Рис. 6. Опытный образец, переносного лоцманского комплекта, адаптированного для задач e-Навигации

ка предложений по совершенствованию их организационной структуры;

- определение и систематизация параметров требуемых программно-технических средств, разработка спецификации сервисов e-Навигации для тестовой акватории, проработка архитектуры интегрированного портала e-Навигации;
- разработка предложений для включения в Техническое задание на проведение в 2017–2019 гг. ОКР «e-Море»;

– подготовка и сдача заказчику – Министерству транспорта РФ Отчета по ОКР «e-Море» 2016 г. [22], в котором более 2000 страниц систематизированного и структурированного анализа тематической информации, значительное количество иллюстраций, схем, таблиц, диаграмм и другие научные материалы.

Группа «Кронштадт» продолжает активную работу по тематике e-Навигации, в том числе в составе международных организаций, из ближайших планов: доклад на ежегодной конференции «e-Navigation Underway International Conference 2017» и работа в подкомитете eNav МАМС.

Мировые тенденции в развитии транспорта свидетельствуют, что рынок транспортных услуг стал усложняться, все сегменты транспортного процесса и логистики стали интегрироваться. Это привело к развитию транспортной инфраструктуры нового типа – транспортно-логистическим и товаротранспортным комплексам, которые образовали объединенную систему взаимодействия. Научно-техническая политика транспортной отрасли предполагает развитие науки, инновационных технологий и системы подготовки кадров по всем направлениям, в том числе стимулирование разработки и внедрения инновационных интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающих эффективное управление транспортными потоками и транспортными средствами, а также повышение качества транспортных услуг [1].

В связи с постоянным технологическим развитием отрасли авторам представляется возможным дальнейшее развитие стратегии e-Навигации и органичное ее сопряжение с концепцией интеллектуальной акватории (и-Акватории/i-Aquatory), как предельно точной и системной в вопросах обеспечения безопасности плавания, предотвращении опасных инцидентов, обеспечении охраны окружающей среды и экономически эффективной системы.

Авторы данной статьи не претендуют на всеобъемлющий взгляд по рассматриваемой тематике ввиду ее новизны и многофакторности. Мы приглашаем заинтересованных специалистов к сотрудничеству и будем рады любым конструктивным замечаниям и предложениям, направленным на скорейшее внедрение стратегии e-Навигации на водных акваториях Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008. – № 1734-р.
2. Безбородов Г.И. Облегчит труд судоводителей // Морской флот. – 1991. – № 11.
3. Безбородов Г.И. О системе информационной поддержки штурмана. – Тезисы доклада на 1-ой всероссийской научно-технической конференции «Современное состояние, проблемы морской и воздушной навигации» – СПб.: Судостроение, 1992.
4. Елагин А.В. E-navigation: научно-практический прогноз // Навигация и гидрография. – 2002. – № 15.
5. Patraiko D. Introducing the e-Navigation revolution // Seaways. – 2007. – March.
6. Mitropoulos E. E-navigation: a global resource // Seaways. – 2007. – March.
7. IMO MSC 85/26 /Add.1 Annex 20 «Strategy for the development and implementation of e-Navigation».
8. IMO MSC 85/26 /Add.1 Annex 21 «Framework for the implementation process for the e-Navigation strategy».
9. IMO MSC 94/21 NCSR 1/28 Annex 7 «Draft e-Navigation strategy implementation plan».
10. www.mehsoms.com 17.01.2017
11. www.efficiensea.org 17.01.2017
12. www.sjofartsverket.se/en/MonaLisa/ 17.01.2017
13. www.acseas.eu 17.01.2017
14. www.efficiensea2.org 17.01.2017
15. www.stmvalidation.eu 17.01.2017
16. www.e-navigation.net 17.01.2017
17. www.iala-aism.org 17.01.2017
18. Головкин В.И. Виртуальная среда, объединяющая мир. Реализация концепции e-Navigation – новый уровень обеспечения безопасности мореплавания // Морская биржа. – 2009. – № 2(28).
19. Губернаторов С.С. Навигация будущего – стратегическая программа e-Navigation // Морской и речной транспорт. – 2014. – № 8.
20. Ривкин Б.С. e-Навигации – десять лет // Гирокоспия и навигация. – 2015. – № 4 (91).
21. Ефимов В.В., Рогожников А.В., Черепанов С.В. Предложения по реализации принципов e-Навигации при комплексном использовании цифровых информационных технологий в отечественной судовой аппаратуре и береговых комплексах для обеспечения безопасности судоходства. 20.05.2011 /www.mir-forum.ru/files/materials/tranzas.pdf 18.01.2017.
22. Отчет об опытно-конструкторской работе по теме: «Создание тестовой акватории, обеспечивающей всестороннюю проверку и отработку разрабатываемых навигационных, связанных, информационных систем и комплексов судовой и береговой иерархической инфраструктуры в рамках глобальной концепции e-Навигации». Шифр: ОКР «e-Море» – СПб.: АО «Кронштадт», 2016. 5 кн. с прилож. ■

Интеллектуальные системы управления сложными динамическими объектами представляют собой предельный по сложности класс систем автоматического управления, ориентированных на приобретение, обработку и использование информации не только в форме данных, но и в форме знаний. Такие системы предназначены для работы в условиях неопределенности (невозможности точного математического описания) информации о свойствах и характеристиках объектов и среды их функционирования.

В условиях работы сложных динамических объектов с высоким уровнем неопределенности информации для построения интеллектуальных систем управления этими объектами неизбежно применение новых информационных технологий, ориентированных на потоки контекстно-зависимой информации, т.е. определенно необходима разработка новых принципов, методик и средств построения интеллектуального управления. Задача интеллектуального управления возникает там, где информация трактуется как количественно неопределяемая совокупность данных и отношений между ними в семантически ясном контексте их текущей трактовки. Требование реструктуризации, обеспечивающей возможность активного отношения к информации, является отличительным признаком возникновения интеллектуального управления.

Интеллектуальное управление характеризуется отсутствием жесткой схемы решения задач. Практически любая процедура решения частной задачи может быть приостановлена из-за недостаточности исходных данных или их некорректности. Интеллектуальное управление предполагает работу с большим количеством данных. Эффективное управление невозможно без использования знаний о внешней среде, в которой предполагается функционирование объектов. При этом необходимы знания, которые разнообразны по форме представления и семантике. Применение логического подхода позволяет решить указанные проблемы интеллектуального управления сложным динамическим объектом.

СТРАТЕГИЯ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В пространстве состояний (ПС) сложного динамического объекта динамический процесс интерпретируется как рост бинарного дерева. По мере роста бинарного дерева его узлы попадают в различные области ПС (кластеры). Целью управления является попадание в процессе роста бинарного дерева одного из узлов в заданный кластер за минимальное число

ПРИНЦИПЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*К.В. Лапшин, начальник отдела,
В.А. Никольцев, канд. техн. наук, гл. науч. сотрудник,
Ю.А. Ямщиков, начальник научно-исследовательской лаборатории,
АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 271 4276, +7 (921) 865 2685*

шагов. Управляющие воздействия ограничиваются классом кусочно-постоянных функций в виде положительных и отрицательных импульсов, порождающих в ПС бинарные деревья. Ограничения, накладываемые на фазовые координаты сложных динамических объектов, образуют границы запретных областей для узлов бинарного дерева. В узлах, попавших на границы запретных областей, эволюция бинарного дерева заканчивается. С течением времени в одни и те же кластеры могут попадать новые узлы дерева и образовывать циклы. Для исключения заклиниваний в этих узлах эволюция бинарного дерева также завершается.

Целью управления является отыскание допустимой управляющей функции, переводящей объект из начального состояния в некоторую точку целевого множества за минимальное число шагов и удержание объекта в этом целевом множестве путем периодического прогнозирования решения на заданном интервале времени прогнозирования. Оптимальная фазовая траектория при этом должна удовлетворять ограничениям. В теории оптимального управления такую задачу относят к вариационным задачам на максимальное быстродействие с подвижным правым концом и ограничениями типа неравенств. Реализация алгоритмов регуляторов, основанных на этих методах, предназначенных для работы в реальном времени, представляет значительную трудность из-за сложности вычислительного процесса. Поэтому для уменьшения сложности вычислений оптимизационная процедура отыскания управляющего воздействия осуществляется поэтапно сначала на грубой сетке, с последующим уменьшением размеров ячеек этой сетки. Для этого область ПС сложного динамического объекта ограничивается допустимыми интервалами для каждой компоненты вектора состояния. Затем каждый допустимый интервал разбивается на заданное число подынтервалов. Произвольное сочетание подынтервалов, по одному на каждую компоненту состояния (КС), интерпретируется как ограниченная область ПС и называется кластером. Вводится ограничение, согласно которому каждому кластеру

может принадлежать только один узел бинарного дерева.

Строится прогнозирующая модель, с помощью которой в каждом узле бинарного дерева вычисляются оценка КС объекта, запоминается и хранится в экспертной системе в течение всего цикла прогнозирования. Управляющее воздействие определяется комбинаторным методом как логическая функция упорядоченного множества узлов бинарного дерева.

Объект описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений в разностной форме:

$$x(t+tu) = \Psi(x(t), A(t), B(t), F(t), u(t), f(t)),$$

где $x(t)$, $A(t)$, $B(t)$, $F(t)$, $u(t)$, $f(t)$ – функции времени t ; tu – такт; $x(t)$ – КС; $u(t)$ – функция управления, $u(t) \in (u0, -u0)$; $f(t)$ – функция возмущения КС.

Здесь $u(t)$ является кусочно-постоянной функцией на интервале tu и принимает одно из двух возможных значений ($u0$; $-u0$).

Требуется найти кусочно-постоянную функцию $u(t)$, которая обеспечивает переход объекта из $x(0)$ в $x(T)$ за минимальное время T или минимальное число шагов n .

При решении задач управления при явно заданной целевой функции квадратичного критерия качества отыскание управляющей функции не является принципиально проблематичной и связано с вычислительными трудностями технического характера. Например, решение задачи синтеза системы управления с линейной обратной связью, оптимальной относительно некоторого квадратичного функционала, определяется исключительно возможностью численного решения матричного уравнения Риккати. Вопросы устойчивости вычислений при использовании того или иного метода решения уравнения Риккати определяются свойствами матриц, выбором начального приближения, а также особенностями применяемого вычислительного алгоритма и исследуются в каждом конкретном случае отдельно.

Центральной задачей при создании интеллектуальной системы логического управления является разработка ее архитектуры, под которой понимается

состав компонентов, соответствующая система взаимосвязей (отношений) между компонентами и распределение функций, выполняемых интеллектуальной системой управления сложным динамическим объектом. Спецификой интеллектуальных систем управления сложными динамическими объектами является то, что дефицит времени для них – основной фактор, обуславливающий неполноту используемых знаний.

Оценка вычислительной сложности любой задачи, требующей численного решения, является необходимой, так как определяет эффективность этого решения. Общепринятая методика исследования таких задач предполагает разложение или сведение исходной задачи к некоторому числу задач, для которых вычислительная сложность известна. Обычно оценка сложности связывается с размерностью объектов, входящих в задачу. При этом возможны следующие пути решения: в один этап на мелкой сетке; последовательность решений в несколько этапов на крупной сетке.

Решение в один этап на мелкой сетке связано с большой размерностью задачи, но с малой комбинаторной сложностью. Последовательность решений в несколько этапов на крупной сетке на каждом этапе связана с малой размерностью задачи, но с большой комбинаторной сложностью. Возможен компромисс при выборе числа этапов и размеров ячеек сетки. Для переборных задач такой подход к решению в несколько этапов и дает вычислительную сложность, что в конечном итоге увеличивает эффективность решения. Логическое управление сложным динамическим объектом в кластерном пространстве состояний – характерный пример указанного подхода.

Обобщая различные подходы к построению интеллектуальной системы логического управления сложным динамическим объектом, можно сформулировать основные принципы построения интеллектуальной системы логического управления:

1. Использование априорной информации, наличие средств задания сведений:

- о требованиях к точности и качеству процесса управления сложным динамическим объектом;
- об объекте управления;
- о внешней среде;
- о наличии и составе подчиненных систем управления нижележащих уровней иерархии, оценку функционирования которых следует осуществлять;
- о наличии и составе систем управления вышележащих уровней иерархии, получаемые оценки от ко-

торых необходимо учитывать в процессе своего функционирования.

2. Использование текущей информации, возможность получения информации об окружающей среде (измерительная система) для формирования текущего значения управляющего воздействия.

3. Целеполагание, формирование (модификация) цели управления на основе априорно заданных требований к точности и качеству процесса управления заданным объектом и текущего «эмоционального» состояния интеллектуальной системы управления.

4. Самоорганизация, предусматривающая наличие и использование:

- средств формирования самооценки текущего состояния процесса управления как оценки соответствия параметров процесса управления имеющимся целям управления;
- оценок от интеллектуальной системы управления старших уровней иерархии;
- «эмоционального» состояния системы, формируемого на основе самооценки и оценок, полученных от интеллектуальной системы управления старших уровней иерархии;
- средств построения математических моделей объекта управления и внешней среды (подсистема идентификации);
- средств формирования структуры и параметров закона управления в соответствии с априорной и текущей информацией о состоянии объекта управления, цели управления и внешней среды с помощью интеллектуальной системы синтеза, включающей средства планирования действий по решению декларативно (непроцедурно) поставленных задач синтеза закона управления на основе имеющихся в базе знаний сведений о методах решения задач; средства выполнения действий по решению задачи синтеза и формированию закона управления в соответствии с построенной процедурой ее решения.

5. Стабилизация целевого состояния (стабилизирующий регулятор) объекта управления в целевом состоянии с помощью, например:

- средств формирования стабилизирующего управляющего воздействия в виде нечеткого закона управления на основе априорной информации об объекте управления, цели управления и внешней среде;
- средств формирования стабилизирующего закона управления (интеллектуальная система синтеза) на основе методов «точного управления» в соответствии с априорной информацией об объекте управления, цели управления и внешней среде.

6. Управление в режиме жесткого реального времени, вычисление управляющих воздействий на объект управления в виде:

- микроконтроллера, использующего программную реализацию закон управления;
- нейроконтроллера, реализующего в виде искусственной нейронной сети закон управления.

Архитектурное решение интеллектуальной системы логического управления приведено на рис. 1.

МЕТОД ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В качестве основы стратегии логического управления предлагается метод поиска оптимальных управляющих воздействий с адаптацией к изменению внешней среды:

1. В ПС выделяется регион, ограниченный максимально допустимыми значениями компонент вектора КС.

2. Если объект находится вне региона, то для возвращения его в регион применяется стратегия № 1, согласно которой:

- посредством прогнозирующей модели (ПМ) объекта вычисляются два КС при заданном значении времени прогнозирования для двух постоянных, противоположных по значению управляющих воздействий;
- состояния нормируются путем деления их компонент на соответствующие максимально допустимые значения;
- в нормированном пространстве определяются расстояния между целевой точкой и управляющими воздействиями;
- выбирается тот знак управляющего воздействия, которому соответствует меньшее расстояние до целевой точки. Это управляющее воздействие подается на объект;
- алгоритм стратегии № 1 повторяется до тех пор, пока объект не войдет в заданный регион.

3. Если объект и цель находятся в заданном регионе ПС, применяется стратегия № 2. Суть ее заключается в следующем:

- регион разбивается на кластеры;
- определяются номера кластеров, которым принадлежат цель и объект;
- задается время запаздывания, необходимое вычислительному устройству для решения задачи перевода ПМ объекта в целевую точку;
- ПМ объекта и модель цели продвигаются (путем интегрирования уравнений движения) в точки, соответствующие времени запаздывания;

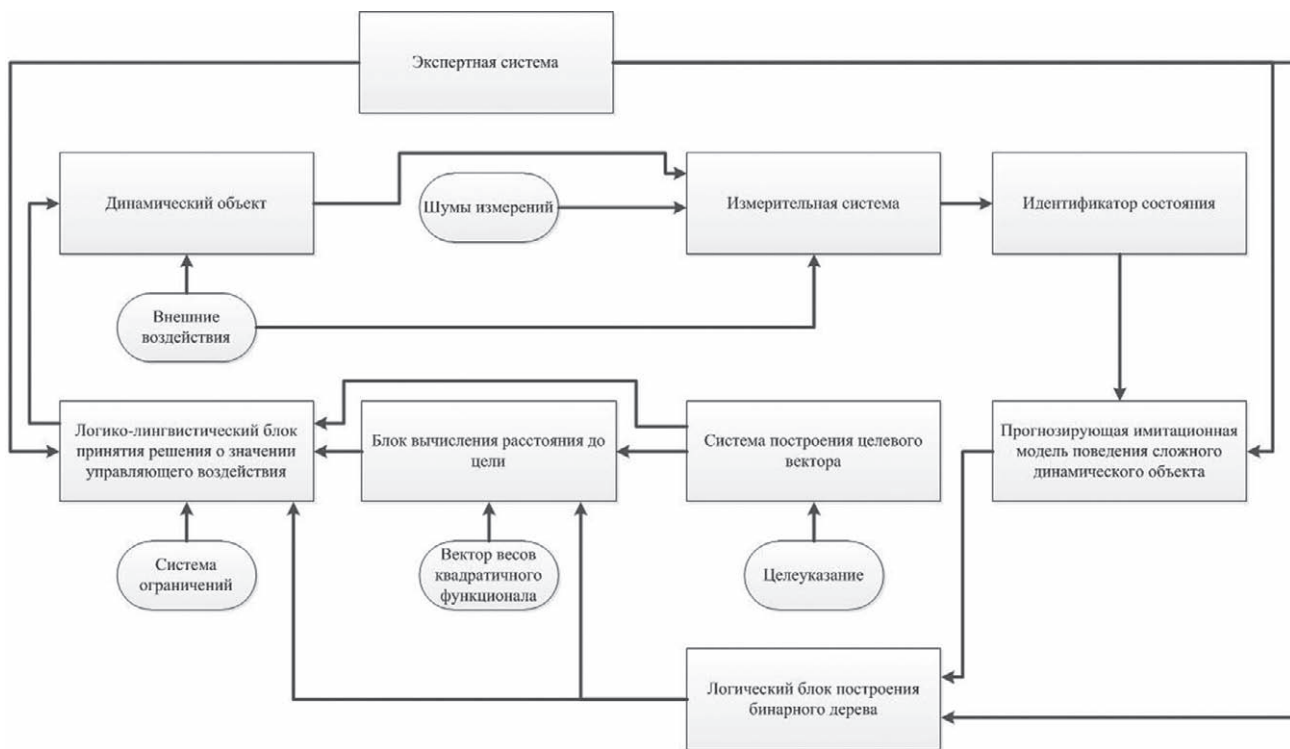


Рис. 1.

- из указанных точек строятся или одно, или два дерева навстречу друг другу. Дерево из точки ПМ объекта строится с прямым оператором перехода, а из точки нахождения модели цели – с обратным оператором перехода;
- решением считается событие, состоящее в том, что одному кластеру принадлежат какие-либо области двух деревьев или что КС дерева ПМ объекта и КС модели цели принадлежат одному кластеру;
- размеры региона уменьшаются до размеров кластера, которому принадлежат КС объекта и цели.

Регион снова разбивается на кластеры, но меньших размеров, и алгоритм повторяется заново, но для уменьшенных кластеров.

4. Если объект и цель находятся в одном кластере и размеры кластера минимально допустимы, т.е. кластер является целевым множеством, то применяется стратегия № 3, согласно которой:

- задается время запаздывания, необходимое вычислительному устройству для решения задачи перевода ПМ объекта в целевую точку;
- ПМ объекта и модель цели продвигаются (путем интегрирования уравнений движения) в точки, соответствующие времени запаздывания. Управляющее воздействие на объект остается таким, каким оно было на предыдущем цикле вычислений;
- задается время прогнозирования;
- из точки состояния ПМ объекта прогнозируются два КС при заданном значении времени прогно-

зирования для двух постоянных, противоположных по значению управляющих воздействий;

- состояния нормируются путем деления их компонент на соответствующие максимально допустимые значения;
- в нормированном пространстве определяются расстояния между целевой точкой и управляющими воздействиями;
- выбирается тот знак управляющего воздействия, которому соответствует меньшее расстояние до целевой точки. Это управляющее воздействие подается на сложный динамический объект.

Вычислительный процесс, организуемый в соответствии с приведенным выше методом, имеет ряд особенностей. Во-первых, он опирается на кластерный анализ, технику комбинаторных и интервальных вычислений, что в конечном итоге дает интервальный (нечеткий) результат и, в свою очередь, порождает дополнительную задачу выбора решения. Во-вторых, при учете случайных воздействий задача выбора решения приобретает логико-вероятностный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен логический подход к интеллектуальному управлению сложным динамическим объектом. Показано, что решение задачи синтеза системы управления с линейной обратной связью, оптимальной относительно некоторого квадратичного функционала, определяется исключительно возможностью численного

решения матричного уравнения Риккати.

Проанализированы существенные недостатки синтеза систем управления с квадратичным критерием качества. На основе проведенного анализа в качестве основы стратегии логического управления предложен метод поиска оптимальных управляющих воздействий на сложный динамический объект с адаптацией к изменениям внешней среды.

На основе предложенной в статье концепции представлено архитектурное решение интеллектуальной системы логического управления сложным динамическим объектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильевский А.С., Лапшин К.В. Вариационный метод синтеза облика интеллектуальной системы управления сложного динамического объекта // Наука и технологии. Мат-лы XXXV Всеросс. конфер., посвященной 70-летию Победы. – Т. 4. – М.: РАН, 2015. – С. 76–79.
2. Тейси А., Грибмон Р. Логический подход к искусственному интеллекту. – М.: Мир, 1998.
3. Городецкий А.Е., Дубаренко В.В., Ерофеев А.А. Алгебраический подход к решению задач логического управления // А и Т. – 2000. – № 2.
4. Вишков М.М., Фоминых И.Б. Формализация рассуждений с умолчаниями в интеллектуальных системах реального времени // Труды VII-й национ. конфер. по искусственному интеллекту с международ. участием КИИ-2000. – М.: Физматлит, 2000. – Т.1.
5. Клещев А.С., Грибова В.В. Управление интеллектуальными системами. Известия РАН // Теория и системы управления. – 2010. – № 6. – С. 122–137. ■

База данных ИСУ (далее – БД) корабля, организованная на принципе единого информационного пространства, выполняет не только функции параметрического обеспечения информационных и расчетных задач боевого управления интегрированными системами управления (далее – ИСУ), но и функции информационного обеспечения работоспособности оружия и технических средств, учета параметров, измеряемых в процессе повседневной деятельности корабля, характеризующих его боеспособность, и др. Например, параметры замеров физических полей корабля, его маневренных характеристик, степени подготовленности личного состава, учета материальных средств и оружия на борту и др. используются как в расчетных задачах, так и в процессе оценки степени боеготовности корабля.

Рассматриваемая информационная модель БД, во-первых, содержит очень большой массив разнородных данных, о чем говорит сам принцип ее построения. Во-вторых, структура данных такой базы, основанная на схеме целостности данных, построена исходя из принадлежности таблиц и их параметров определенным объектам (но не входным данным расчетных и информационных задач), которые имеют, как правило, сложную иерархическую структуру. В-третьих, актуализация информации различных групп объектов возлагается на определенных должностных лиц или их группы. При этом структура информации, отражаемая интерфейсной частью, отвечающей за ввод, изменение, удаление информации (назовем ее подсистемой информационной поддержки БД), должна быть интуитивно понятна офицерам – операторам, отвечающим за актуализацию параметров БД, которые функционально закреплены именно за данным оператором. Необходимость такой подсистемы в ИСУ при использовании БД, организованной на принципе единого информационного пространства, очевидна.

Таким образом, информационная модель БД для ИСУ корабля, организованная на принципе единого информационного поля, и структура информационной модели входных параметров прикладных задач ИСУ организованы на основе разных принципов и не совпадают. Традиционно получение параметров БД прикладными задачами осуществляется, как показано на рис. 1.

Оба указанных варианта не в полной мере отвечают требованиям быстродействия для задач боевого управления оружием, техническими средствами и маневрированием корабля.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТАБЛИЦ БАЗЫ ДАННЫХ, ОРГАНИЗОВАННОЙ НА ПРИНЦИПЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА, И ПАРАМЕТРОВ В СИ-СТРУКТУРЕ CLOC*, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОМПЛЕКСЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ И РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ИСУ КОРАБЛЯ

*А.Н. Зайцев, канд. воен. наук, вед. инженер-программист,
М.С. Сабуров, вед. инженер-программист, АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375 доб. 164*

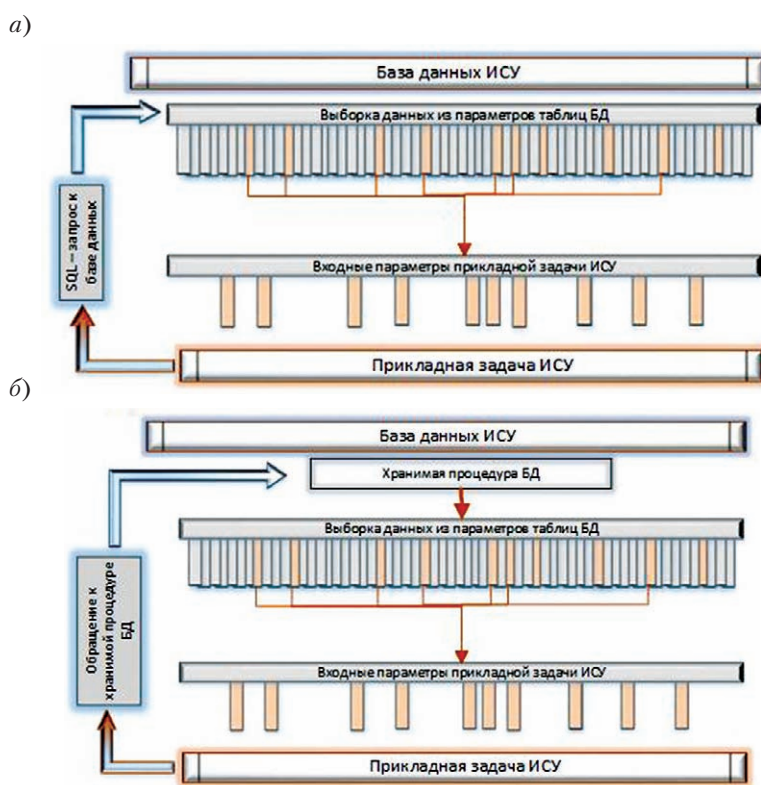


Рис. 1. Информационное взаимодействие БД и прикладных задач: а – вариант 1; б – вариант 2

Одним из основных показателей, характеризующих работоспособность комплекса информационных и расчетных задач боевого управления ИСУ корабля в ИСУ является время реакции системы при решении задач.

Для снижения времени реакции системы архитектурой ИСУ, как правило, предусматривается использование операционных систем реального времени (например, QNX), хранение исходных данных, используемых в задачах, в виде параметров массивов данных, которые

при решении задач скачиваются в оперативную память.

В то же время многие из указанных параметров подлежат корректуре в процессе эксплуатации оружия и вооружения корабля, например, параметры, характеризующие маневренные элементы корабля, его физические поля, измененные ТТХ при ремонтах и модернизациях и др.

БД, организованная на принципе единого информационного пространства, содержит большой избыток информации относительно пула информации, необходимой для расчетных и информационных задач боевого управления

*CLOC – Система оптимального управления с обратной связью

ИСУ, так как выполняет некоторые информационные функции по учету параметров, не относящихся к задачам боевого управления оружием, техническими средствами и маневрированием корабля.

Структура БД организована с учетом функциональной принадлежности параметров информационным объектам, например, объектам инфраструктуры, проводимым мероприятиям, ТТЭ кораблей, ТТХ оружия и технических средств, ТТД летательных аппаратов и др.

Структура массивов данных комплекса информационных и расчетных задач боевого управления ИСУ базируется на другом принципе – соответствии структуре задач и перечню их входных данных.

Получение параметров для расчетных и информационных задач боевого управления обычным порядком из БД под управлением СУБД – с использованием SQL-запросов резко снижает быстродействие системы даже при использовании БД на основе операционной системы реального времени, используемой в программном обеспечении указанного комплекса задач. В связи с этим используются СИ-структуры CLOC, параметры из которых к тому же подгружаются в оперативную память.

В связи с вышеуказанным появляется задача синхронизации параметров различных таблиц БД, относящихся к различным информационным модулям, разделам и блокам информации, с параметрами СИ-структуры CLOC, которые используются в расчетных и информационных задачах, указанных выше.

Для согласования значений параметров БД, организованной на принципе единого информационного пространства, и параметров СИ-структуры CLOC входных данных задач боевого управления разработана технология сборки и синхронизации пула параметров расчетных и информационных задач ИСУ, имеющих повышенные требования к быстродействию, в соответствии со структурой параметров в СИ-структуре CLOC ИСУ.

На рис. 2 показана схема информационного взаимодействия базы данных ИСУ и СИ-структуры CLOC параметров, используемых в расчетных задачах контуров управления ИСУ.

Эта технология позволяет операторам, выполняющим актуализацию БД, отождествлять параметры СИ – структуры CLOC, принадлежащие прикладным задачам контуров управления, с параметрами таблиц БД. После отождествления параметров оператору предоставляется возможность по выбранному параметру в структуре прикладных задач перейти к таблице в структуре интерфейса информационной поддержки

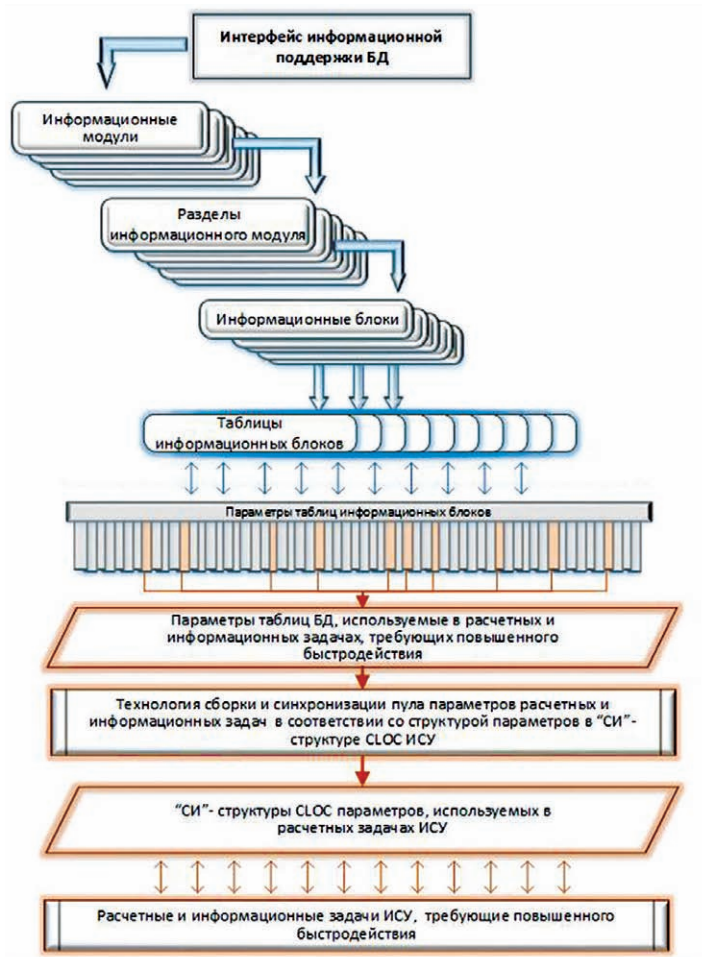


Рис. 2. Схема согласования параметров таблиц БД ИСУ и параметров СИ-структуры CLOC ИСУ

БД, где находится указанный параметр, и откорректировать его (актуализировать). Синхронизация данных происходит из интерфейса информационной поддержки СИ-структуры CLOC ИСУ.

Задача периодической актуализации данных СИ-структуры CLOC ИСУ посредством интерфейса информационной поддержки БД единого информационного пространства решается внедрением технологии синхронизации данных. Технология сборки и синхронизации пула параметров для расчетных и информационных задач в соответствии со структурой параметров в СИ-структуре CLOC ИСУ в общем случае предусматривает:

- наличие в БД классификатора параметров СИ-структуры CLOC ИСУ в структуре данных прикладных задач боевого управления;
- наличие процедуры выборки значений указанных параметров из таблиц БД ИСУ;
- наличие процедуры сравнения значений параметров в таблицах БД и массиве данных СИ-структуры CLOC ИСУ;
- возможность в интерфейсе информационной поддержки БД ИСУ – перехода из формы отображения парамет-

ров в структуре данных прикладных задач к форме таблице, в которой находится выбранный для корректуры (актуализации) параметр;

- наличие хранимых процедур и протоколов для передачи данных из таблиц структуры БД в массивы данных прикладных задач, находящихся в массивах СИ-структуры CLOC;
- наличие в интерфейсе информационной поддержки данных СИ-структуры CLOC ИСУ механизма инициализации синхронизации данных.

Кроме указанного выше, при синхронизации данных должны быть предусмотрены аудит действий операторов (производимых с информацией операций) и разграничение полномочий по актуализации данных между должностными лицами корабля.

Изложенный подход применим к информационному взаимодействию БД, организованной на принципе единого информационного поля корабля, с прикладными задачами боевого управления (для образцов вооружения) при условии, что к ним предъявляются высокие требования по времени реакции системы и входные параметры задач подлежат периодической актуализации в процессе эксплуатации. ■

Совершенствование интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ) таких сложнейших объектов, как надводный корабль (НК) или подводная лодка (ПЛ), осуществляется по многим направлениям, определяемым достигнутым уровнем качества, свойствами и возможностями развития их достаточно разнородных составных частей, одной из которых является система обмена данными (СОД).

Рассмотрим наиболее перспективные сетевые решения СОД ИАСУ. Несмотря на то, что в разрабатываемых СОД внедряются передовые сетевые решения и технологии, их требуется адаптировать применительно к военно-морской специфике ИАСУ ПЛ и НК. Разработанные по технологии Fast Ethernet 1Gb (100Mb) СОД обладают дублированной, а для сетей главной энергетической установки (ГЭУ) троированной сетевой инфраструктурой.

Подобные структурные и сетевые решения позволили не только существенно повысить показатели живучести и надежности разрабатываемых систем управления по сравнению с аналогичными решениями, реализованными на кораблях предыдущего поколения, но и стали отправной точкой в реализации общей универсальной среды передачи данных для ИАСУ техническими средствами (ТС) и систем корабля в целом [1, 2].

Внедрение СОД на базе технологии Ethernet обусловлено прежде всего поддержкой широко распространенных стандартных протоколов обмена сетевого, транспортного и прикладного уровней, а также наличием встроенных средств диагностики сетевого оборудования и кабельных связей. Перечисленные выше качества существенно упрощают организацию информационного обмена, что, в свою очередь, позволяет разработчикам специализированных систем управления в полной мере сосредоточиться на разработке функционального программного обеспечения (ФПО) своих систем, не задумываясь об организации сетевого информационного обмена и диагностики сетевого оборудования, включая кабельные линии связи.

Системы обмена данными, как, например, системы из состава КСУ ТС типа «Фауна», успешно внедрены и прошли все виды испытаний на НК в составе нескольких КСУ ТС. В настоящее время различные варианты СОД проходят испытания в составе КСУ ТС для перспективных АПЛ.

К структурам СОД АПЛ предъявляются особые требования в части

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЯ

А.В. Самойлов, начальник отделения,

Е.В. Королёв, канд. техн. наук, начальник отдела,
АО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. +7(921) 425 9435

отказоустойчивости, которые приводят к необходимости использования троированных сетей, состоящих из трёх независимых сегментов сети, что увеличивает массогабаритные характеристики (МГХ) систем, включающих приборы коммутации, необходимые для функционирования сетевой структуры.

Использование комбинированной сетевой структуры, объединяющей дублированную сеть и дополнительное третье кольцо, включающее абонентов, для которых требуется троирование, обладает меньшей отказоустойчивостью по сравнению со структурой, обеспечивающей выделение троированных сетей в отдельные сегменты. Поэтому для сетей с большим количеством приборов коммутации необходимо физически разделять информационные потоки СОД на троированные и дублированные сегменты. В этом случае состав оборудования возрастает пропорционально числу абонентов троированной сети и актуальной становится задача минимизации числа приборов коммутации, составляющих большую часть сетевого оборудования.

Другой важной проблемой, возникающей при реализации сетей Ethernet с кольцевой топологией для систем, линейно распределенных на расстоянии, превышающие 100 м, является невозможность использования кабельных связей по витой паре длиной более 100 м.

Кроме того, необходимы программно-аппаратные решения, обеспечивающие сетевой обмен между абонентами дублированной и троированной сети, а также более развитая система оперативной диагностики состояния сетевого оборудования и каналов передачи данных.

С учетом перечисленных выше задач можно выделить два направления совершенствования сетевых решений систем обмена данными. Первое направление совершенствования СОД условно можно назвать структурно-аппаратным, а второе программным.

В части технических решений в рамках первого направления можно выделить следующие:

- минимизация числа приборов коммутации для комбинированных сетевых структур с физическим разделением информационных потоков путем введения интегрированных приборов коммутации – приборов центральных Ethernet (ПЦЕ);
- использование гибридных сетей (проводных и оптоволоконных) для преодоления ограничения длины кабельных связей на витой паре.

Рассмотрим более подробно технические решения структурно-аппаратного направления совершенствования СОД. На рис. 1 представлен пример построения перспективной СОД КСУ ТС с интегрированными приборами ПЦЕ, физическим разделением информационных потоков и использованием гибридных сетей.

Здесь интегрированные приборы ПЦЕ конструктивно объединяют в себе два прибора: прибор троированной сети и прибор дублированной сети. Такое объединение позволяет уменьшить число приборов коммутации на необходимое для троированной сети число приборов коммутации.

Изложенный подход к структурному и приборному построению СОД позволяет существенно снизить МГХ системы. Например, для перспективной СОД КСУ ТС выигрыш в сокращении приборного состава и МГХ пропорционален удвоенному числу помещений K_t , где установлены приборы коммутации троированной сети и составляет $N_b = K_t \times 2$.

Что в процентном соотношении составляет $\frac{N_b}{K_t \cdot 3 + K_d \cdot 2} \times 100$, где K_d – количество помещений с установленными приборами дублированной сети. Для $K_t = 3$, $K_d = 8$ это отношение составит 24% по сравнению с традиционным подходом к реализации подобной системы.

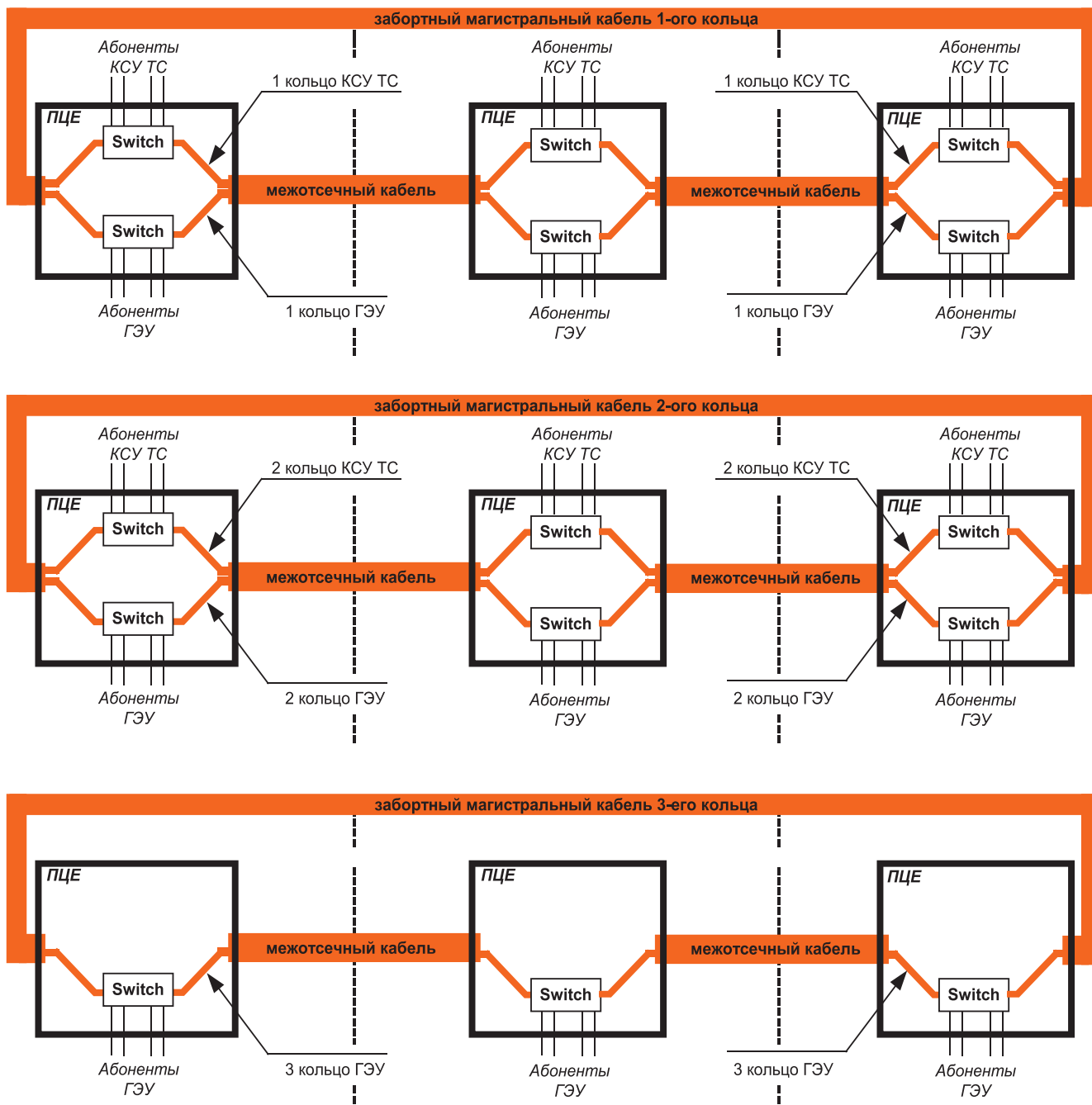


Рис. 1. Пример построения перспективной СОД КСУ ТС

Кроме того, взаимное влияние систем друг на друга исключено, поскольку информационные потоки дублированных и троированных сетей, а также силовые и сигнальные цепи оборудования этих сетей физически не пересекаются. Это важно для обеспечения безопасности функционирования создаваемой ИАСУ и выполнения требования заказчика о независимости функционирования систем, относящихся к ГЭУ, и систем другого назначения.

В представленном структурном построении СОД в качестве физической среды передачи информации между отсеками на расстояние до 65 м может быть использован медный ка-

бель типа «витая пара» категории 5 и выше, а на расстояние свыше 65 м – оптоволоконный кабель.

Использование заборных оптоволоконных кабелей для соединения приборов коммутации, расположенных в крайних помещениях позволяет решить проблему ограничения длины кабельных связей в том случае, когда данное решение допустимо. В случае недопустимости данного решения возможно использование более сложных схем соединения коммутаторов кабельными связями на витой паре, предполагающих многопетлевую топологию, в которой один кабель, соединяющий крайние приборы, заменяется на два кабеля, подключаемых

в месте разрыва цепочки приборов коммутации. Второе направление совершенствования СОД может быть обеспечено путем внедрения следующих сетевых решений:

- сетевые шлюзы между троированной и дублированной сетями;
- сетевые шлюзы между КСУ ТС и внешними системами разработки сторонних организаций;
- транспортный протокол резервирования, ограничения и разграничения сетевых потоков [3] с поддержкой троированных и дублированных сетей, программная реализация которого в программном комплексе Pulsar обеспечивает одновременный запуск

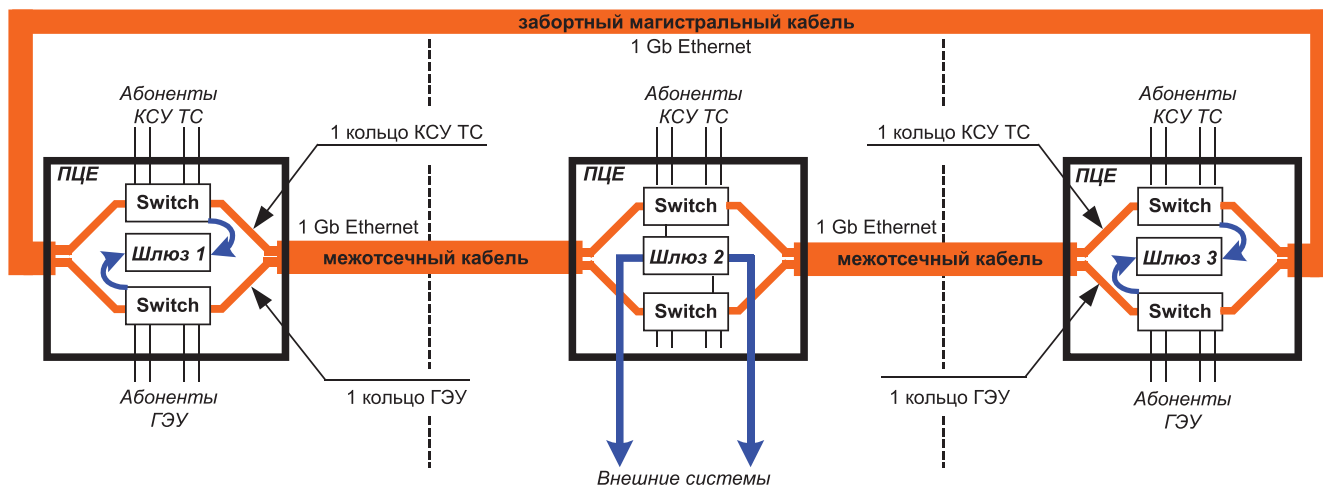


Рис. 2. Перспективные программные сетевые решения СОД

нескольких таких программных комплексов в процессорах приборов, реализующих функции сетевых шлюзов;

- сети Ethernet 1Gb по магистральным, межкоммутаторным сетевым каналам, обеспечивающие более высокую пропускную способность обмена между абонентами, подключенными к различным коммутаторам;
- более развитой системы оперативной диагностики состояния сетевого оборудования и каналов передачи данных, дополнительно обеспечивающей индикацию числа ошибок в этих каналах.

На рис. 2 представлена структура сети, в которой внедрены указанные выше решения. В этой структуре для передачи информации от приборов систем ГЭУ, объединенных тироированной сетью, в приборы систем, подключенных к дублированной сети, в приборах ПЦЕ организованы межсетевые «шлюзы» прикладного уровня, обеспечивающие передачу лишь необходимой информации, что существенно снижает нагрузку на обе сети.

Наличие межсетевых шлюзов для обмена с внешними системами позволяет, с одной стороны, контролировать входящий и исходящий из ИАСУ трафик, а с другой – оградить ИАСУ от возможных проблем с перегрузкой внешних сетей, подключаемых к ИАСУ.

Оперативная диагностика состояния каналов передачи данных и сетевого оборудования реализована на базе протокола SNMP, что открывает следующие возможности контроля состояния каналов:

- диагностирование не только наличия связи с абонентами СОД, но и сетевого оборудования, включая оптический кабель;
- сбор статистики и числа ошибок в каналах;
- управление автоматической реконфигурацией сети (колец СОД) в случае повреждения действующих каналов связи.

Таким образом, внедрение описанных выше уникальных программно-аппаратных решений СОД позволит повысить качество и надежность процессов информационного обмена и быстро локализовать и устранять неисправности.

Предложенные универсальные сетевые коммуникационные приборы ПЦЕ предоставляют возможность гибкого подключения к ним приборов различных систем на разных этапах жизненного цикла корабля, позволяют осуществлять сопряжение ИАСУ с другими системами корабля с учетом их аппаратной и информационной специфики. Тем самым создается возможность создания ИАСУ с гибкой структурой, адаптированной под решение изменяющихся в процессе эксплуатации корабля функциональных задач.

Унификация, диспетчеризация информационных потоков и внедрение интеллектуального сетевого оборудования упростили решение типовых межсистемных алгоритмически сложных задач и позволили перейти к решению более сложных, интегрированных задач. Для оптимизации структуры, параметров ИАСУ, выбора сетевых решений и параметров СОД целесообразно использовать описанные выше подходы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самойлов А. В., Первухин Д. А.* Живучесть систем обмена данными судовых систем управления, как важный фактор безопасности мореплавания. – Тр. XI Международ. науч.-практич. конфер. молодых ученых, студентов и аспирантов «Анализ и прогнозирование систем управления». Ч 2. – СПб.: СЗТУ, 2010. – с. 355–361.
2. *Самойлов А. В., Первухин Д. А.* О живучести судовых систем управления с системой обмена данными (СОД) // Науч.-техн. сб. «Радиоэлектроника интеллектуальных транспортных систем». – 2010. – Вып. 3. – СПб.: СЗТУ, – С. 61–70.
3. *Евланников Д. Л., Королёв Е. В.* Транспортный протокол разделения ресурсов для объединенной сети КСУ ТС // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – СПб., 2011. – Вып. 22. – С. 77–80. ■

Современный этап развития информационных технологий характеризуется применением информационно-вычислительных сетей в различных сферах деятельности, в том числе в транспортной отрасли. Специфика задач функционирования вычислительной сети передачи данных на транспорте состоит в разнообразии целей управления: обеспечение движения транспорта, инфраструктура транспорта, необходимость согласования различных управляющих указаний, поступающих от органов власти и администрации различного уровня и органов управления движением, учет всевозможных климатических явлений, состоянии сети. Все эти задачи зависят от размерности объекта управления, режима работы, нестационарности параметров транспортной сети и маршрутов движения транспорта. Для решения данных задач необходимо использовать алгоритмы и методы управления потоками данных, которые включают в себя современные технологии сбора и обработки информации, нацеленные, в свою очередь, на применение в транспортных системах [1, 2].

Для современного этапа развития информационно-вычислительных сетей передачи данных характерны рост информационных объектов транспортной отрасли, территориальная распределенность, непрерывное повышение требований к качеству предоставляемых услуг связи, доступ к сервисам. Сеть передачи данных должна быть экономически эффективной, и при ее проектировании или модернизации должно быть выполнено соответствующее обоснование и предоставлены расчеты по обеспечению надежности. К надежности сетей предъявляются все более высокие требования [3]. Низкая надежность приводит к потере информации, убыткам. Повышение надежности сети связано с дополнительными затратами, которые могут превысить получаемую прибыль. На сегодняшний день актуальна задача достижения требуемых характеристик надежности при проектировании или модернизации сети при минимально возможных затратах на ее обеспечение.

В транспортной отрасли применяется большое количество различных видов каналов передачи информации, прикладных программных решений и специализированного аппаратного обеспечения, что является отличительной особенностью. При построении сетей для транспортной отрасли должны учитываться следующие факторы: сеть должна обеспечивать передачу информации с высокой пропускной способностью и возможность передачи разнородного типа трафика, а также передавать информацию в режиме одноадресной и многоадресной пересылки. Важным требованием к информационным системам и их каналам передачи данных является защищенность циркулирующей в них информации как от преднамеренных, так и непреднамеренных угроз [2, 3].

Существует множество современных методов оптимизации передачи данных в информационно-вычислительных сетях, среди них можно выделить IP-телефонию и использование перколяционных моделей, основными задачами которых как раз и является повышение качества связи и увеличение пропускной способности передачи данных. Все методы оптимизации делятся на два вида: первый вид применим для всей информационно-вычислительной сети, а второй – для отдельных видов трафика и отдельных видов сервисов. Одним из методов, применимых для всей сети, является метод, основанный на теории перколяции.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДААННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НА ТРАНСПОРТЕ

*Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф.,
ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
А.П. Нырков, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
ФГБОУ ГУМРФ им. адм. С.О.Макарова,
А.А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф.,
коммерческий директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
С.С. Соколов, канд. техн. наук, доцент,
начальник управления информатизации,
А.А. Некрасова, аспирант,
Ю.К. Полугина, аспирант, ФГБОУ ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,
контакт. тел. (812) 746 9852*

ПЕРКОЛЯЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ТРАНСПОРТЕ

Применение надежного оборудования, внесение избыточности в структуру сети для повышения ее готовности и отказоустойчивости обеспечивает надежность сети, а именно, аппаратной и структурной надежности. Аппаратная надежность включает в себя устойчивость сетевого оборудования, каналов передачи данных, программного обеспечения. Во втором случае от надежности зависит передача данных. Показатели графовой связности используются для анализа структурной надежности. Отказ аппаратуры в узлах сети и отказ каналов передачи данных нарушает связность. Отказ канала может быть связан с его механическим повреждением (обрывом) и с ухудшением его характеристик (например, превышение пропускной способности [4]).

Для решения данных проблем применяют отказоустойчивые сетевые технологии, которые связаны с введением избыточности: реализацией обходных путей передачи информации, применением протоколов, которые автоматически обеспечивают обход отказавшего участка. В настоящее время имеется много работ, которые рассматривают вопросы оценки надежности сетей стандартных топологий (шина, кольцо, звезда), тогда как задача оценки надежности сетей произвольных топологий изучена недостаточно.

Один из развиваемых подходов исследования сложных сетей связан с моделью протекания по их ребрам (связям) информационных потоков. В целом задача протекания информации через сложную сеть легко решается с использованием формулировок теории перколяции [5]. Перколяция (теория перколяции) – это новый подход к использованию управления потоками данных в информационно-вычислительных сетях. С помощью перколяционных моделей можно выполнить эффективные расчеты и сократить время самого расчета. Также модели позволяют исследовать надежность сети и защитить много-связный узел в информационно-вычислительной сети. Методы теории перколяции могут быть применены для работы с информационными сетями на объектах транспорта с целью максимально эффективного использования полосы пропускания, для возможности динамического распределения сетевых ресурсов, а также для контроля процесса [6].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА КЛАСТЕРА И ПОРОГА ПЕРКОЛЯЦИИ

Самая распространенная ситуация – выход из строя маршрутизатора в информационно-вычислительной сети передачи

данных. Вероятностная характеристика узлов описывается следующими уравнениями:

$$P_1(x) = 1 - q + qxG_1[P_1(x)]; \quad (1)$$

$$P_0(x) = 1 - q + qxG_0[P_1(x)], \quad (2)$$

где $G_0(x) = \sum k p_k x^k$ и $G_1(x) = \frac{G_0(x)}{z}$ – производящие функции для степени узла; z – средняя степень узла; $P_1(x)$ – производящая функция, которая характеризует вероятность того, что один конец случайно выбранной связи в сети приводит к перколяционному кластеру данного числа занятых узлов.

В явной форме решения для уравнения (1) не существует, но можно определить условия $P_1(x)$ для любого конечного n методом итераций к уравнению (1), начиная со значения $P_1(x) = 1$ [7,8].

Будем использовать усеченный степенной закон распределения в виде

$$P_k = \begin{cases} 0, & k = 0; \\ Ck^{-\tau} e^{-\frac{k}{n}}, & k \geq 1. \end{cases} \quad (3)$$

Данное распределение выбрано по двум причинам. Во-первых, работа передачи данных в формуле (3) подчинена степенному закону распределения. Во-вторых, распределение имеет технические преимущества по сравнению с чисто степенным видом, поскольку экспоненциальная составляющая упорядочивает расчеты таким образом, что производящие функции и их производные являются конечными. С другой стороны, для чистой степенной формы расчеты расходятся, указывая, что реальные сети не могут принимать чисто степенной вид и должны иметь некоторые поправки, которые зависят от размера системы.

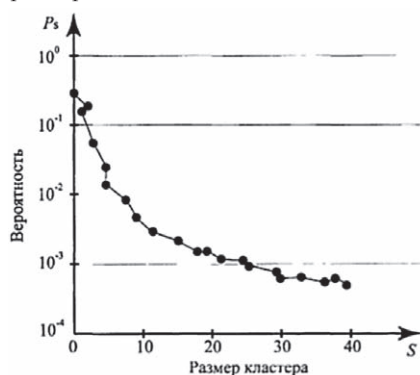


Рис. 1. Определение размера кластера

На рис. 1 показано распределение кластеров по размерам. Расчет выполнялся на графе с 10^6 узлов в диапазоне ниже порога перколяции и для конкретной степени распределения с параметрами $k = 10$, $\tau = 2,5$ и $q = 0,65$. Вероятность соответствует тому, что случайно выбранный узел принадлежит кластеру узлов, и, чем больше средний размер кластера, тем меньше вероятность его появления. Изучение среднего размера кластера позволяет убедиться в наличии порога перколяции и определить его значение.

Порог перколяции – важная характеристика, фактически отвечающая за надежность сети. Для изучения порога перколяции, т.е. момента формирования перколяционного кластера (гигантской компоненты), необходимо изменить исходные параметры [9].

На рис. 2 показано изменение перколяционного порога в зависимости от изменения среднего значения степени узла k (для разных значений τ). Когда значение k становится большим, порог перколяции становится малым. Это свидетельствует о высокой степени пропускной способности сети. При $\tau = 2,5$ (это примерный показатель для передачи данных), а $k = 100$, порог перколяции является контролем качества $q = 0.16$. Это указывает на возможность удаления более 80%

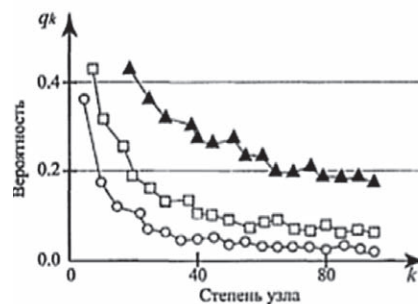


Рис. 2. Скачки перколяционных переходов

узлов в сети, что не приведет к разрушению, а значит, такая сеть устойчива к случайным удалениям узлов.

Использование теории перколяции для вычислительных сетей позволяет перспективнее обеспечить надежность при передаче данных. Особенно это важно для сетей, структура которых динамично изменяется и перестает носить стационарный характер.

Одним из примеров оптимизации передачи данных для отдельных видов трафика является IP-телефония, основное преимущество которой в снижении затрат на связь. Особенность IP-телефонии на транспорте заключается в повышении качества обслуживания без лишних затрат.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В IP-ТЕЛЕФОНИИ

Любое предприятие при организации своего производства стремится уменьшить затраты, при этом повышая качество обслуживания. Не составляют исключение и предприятия отрасли водного транспорта. Технологический процесс каждого такого предприятия состоит из рабочих процессов, в которых взаимодействуют несколько людей, часто удаленных друг от друга. Так, взаимодействие начинается с клиента, продолжается в логистическом центре, который взаимодействует с администрацией порта, откуда груз отправляется, и администрацией порта, куда груз прибывает, таможенными службами и т.д. Помимо этого, для крупной логистической компании необходимо наличие офисов в ключевых морских и речных узлах, которые также должны взаимодействовать. Взаимодействие может осуществляться через электронную почту, систему мгновенных сообщений, веб-сервисы. Но самым предпочтительным и быстрым является телефония. IP-телефония реализует решения, которые с помощью технологии телефонной сети общего пользования реализовать труднее либо дороже. Поэтому внедрение VoIP значительно упростит и удешевит совместную работу территориально распределенных офисов одной и той же логистической компании с портами. Выбор именно IP-телефонии обуславливается множеством достоинств:

- экономия средств при подключении, расширении и модернизации;
- простота в обслуживании;
- удаленные офисы и порты одной и той же компании могут иметь внутренние номера для упрощения связи;
- возможность использовать программные телефоны повышает мобильность сотрудников;
- организация корпоративного взаимодействия путем передачи голоса, видео, мгновенных сообщений, факса, конференций с помощью IP-телефонии значительно упростит, удешевит и повысит качество взаимодействия распределенных логистических центров морской или речной компании [10].

Первые шаги в освоении IP-телефонии совершила израильская компания «VocalТес» в 1995 г. [11]. Она разработала первую версию программы, которая позволила вести разговоры через Интернет вне зависимости от расстояния между

абонентами и длительности разговора. С внедрением VoIP связь упрощается, удешевляется и повышается качество передачи голоса.

В телефонных сетях прошлого поколения используется статическая маршрутизация, основанная на общем международном телекоммуникационном плане нумерации. Маршрутизация происходит по заранее подготовленной таблице соответствия номеров и направлений согласно рекомендации E.164 Комитета стандартизации электросвязи [12]. Каждому номеру абонента соответствует путь через определенные АТС. Такая схема маршрутизации крайне тяжело и затратно масштабируется и оптимизируется.

VoIP или IP-телефония не имеет такой жесткой привязки к маршрутизирующим АТС. Здесь применяется пакетная коммутация. Используется IP-адресация, имеющая как свои достоинства – пакеты могут идти через любые доступные маршрутизаторы в любую точку мира, не занимая при этом полностью весь канал связи, так и недостатки – проблемы своевременной доставки пакетов и их потерь.

Компании, использующие собственные АТС, так или иначе сталкиваются с задачей оптимизации трафика, поскольку голосовая информация чувствительна к задержкам и процент потерянных пакетов играет важную роль в оценке качества связи и удовлетворенности абонента. Так, в случае потерь пакетов более чем на 5% речь превратится в неразборчивый набор звуков.

Пакеты в сети маршрутизируются по определенным алгоритмам. Поэтому ключевым моментом становится правильный выбор алгоритма маршрутизации пакетов, который обеспечивает минимальные задержки и потери, а значит, наилучшее качество речи, не перегружая при этом весь канал. Для VoIP сети до сих пор не существует собственного протокола выбора наилучшего маршрута с поправками на специфику VoIP связи. Существующие протоколы обладают рядом достоинств и недостатков, но часто один недостаток перечеркивает все достоинства.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТРИКИ МАРШРУТИЗАЦИИ В IP-ТЕЛЕФОНИИ

Рассмотрим протокол маршрутизации OSPF как наиболее используемый протокол состояния маршрута. Это динамический протокол, метрикой которого является один из трех показателей состояния каналов: стоимость передачи, надежность, задержка. Для реального отображения состояния каналов введем многокритериальную метрику, учитывающую все характеристики канала, некоторые из них должны быть максимизированы, а другие – минимизированы.

Задача многокритериальной оптимизации некорректна, так как частные критерии качества конфликтуют между собой. Регуляризацию некорректной задачи многокритериальной оптимизации выполним скалярной сверткой частных критериев качества по нелинейной схеме компромиссов.

Для возможности перенаправления трафика администратором по определенному критерию, введем весовые коэффициенты для каждой частной характеристики канала $\alpha_i \geq 0$, причем $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$. Тогда получим $L = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{(1 - I_i / I_{i\max})}$ – вес ребра с учетом приоритетных коэффициентов [13], а весь наикратчайший путь

$$\min L = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{(1 - I_i / I_{i\max})}$$

где L – вес дуги; n – количество частных критериев; r – количество ребер на наикратчайшем пути; I_i – частный критерий качества конкретного ребра графа; $I_{i\max}$ – максимально допустимое значение, которое задается техническими характеристиками канала.

После вычисления многокритериальных метрик ребер задача сводится к нахождению кратчайшего пути в графе, что может быть решено алгоритмом Дейкстры.

Предложенная формула вычисления метрики способствует увеличению числа определяющих критериев, что позволяет оптимизировать маршрутизацию под имеющиеся оборудование и существующие требования.

Благодаря включению приоритетных критериев системные администраторы могут достаточно просто и наглядно управлять перенаправлением трафика. Так, при возрастании нагрузки на канал поток может быть перенаправлен на другой путь.

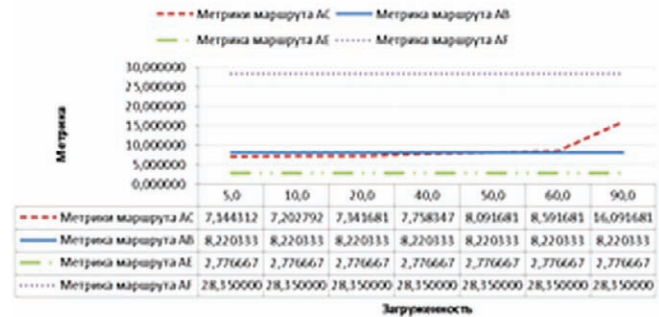


Рис. 3. Метрики каналов узла А без учета приоритетных критериев



Рис. 4. Метрики каналов узла А с учетом приоритетных критериев

Маршрут АС на рис. 3 при возрастании на нем нагрузки, приобретает почти самую худшую метрику, хотя изначально был предпочтительным маршрутом. Трафик по этому каналу отправляться не будет, пока не снизится его загруженность. Из-за влияния приоритетного критерия метрика маршрута АС на рис. 4 остается меньшей, чем все прочие метрики, даже при сильно загруженном канале.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА VOIP СВЯЗИ

IP-телефония как пакетная технология не гарантирует высокого качества передачи данных, особенно в условиях повышенной нагрузки. Оценить качество звучания можно субъективным способом – собеседника достаточно четко, хорошо слышно, отсутствуют долгие задержки и эхо. Объективный способ предполагает учет числа доставленных и потерянных пакетов, а также скорость их передачи. Но в случае с VoIP наличие лишь объективного метода оценки качества не раскрывает цельной картины, поэтому официально рекомендуемым способом оценки качества IP и других типов речевой связи является усредненная субъективная оценка MOS (Mean Opinion Score), алгоритм определения которой был описан в Рекомендациях ITU-T P.800 и P.830 [14]. Она формируется на основе большого числа испытаний, в каждом из которых участвует множество экспертов. Возможные значения MOS находятся в пределах от 1 до 5. Средний показатель, равный 4, соответствует хорошему качеству речевого соединения, менее 3,5 означает неудовлетворительное качество. Другим субъективным методом оценки качества является использо-

вание единиц рейтинга R (Quality Rating) по стобальной шкале, где R = 100 по стандартам ITU-T соответствует высшему качеству и MOS=4,5.

Недостатками указанных способов измерения качества передачи речи являются их субъективность и неэффективность использования ежедневно на практике, так как они не учитывают изменения и появления различных факторов в сети, таких например, как нагрузка. Поэтому возникают попытки автоматизировать процесс оценки. Первым автоматизированным алгоритмом оценки стал PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), который утвердили в подразделении Международного союза электросвязи (ITU-T) и уже используют в некоторых системах. Принцип работы алгоритма предполагает передачу по VoIP-сети специальных речевых шаблонов и сравнение полученной информации на принимающей стороне. Единственный недостаток этого алгоритма был устранен в другой модификации – PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), который теперь учитывает флуктуацию задержки (или джиттер).

В 2003 г. специалисты международной организации ITU-T совместно с компаниями «Psytechnics», «Opticom» и «SwissQual» сравнивали результаты измерения качества передачи речевой информации, полученные по алгоритму PESQ, с экспертными оценками MOS, предоставленными компаниями «AT&T» и «BT». Корреляция между двумя группами оценок составила 0,95 – очень хороший результат. И позже ITU-T одобрил алгоритм PESQ в качестве стандарта. PESQ, который рассматривают в качестве преемника PSQM, более точно измеряет качество телефонной связи через IP-сети, учитывает влияние нагрузки на нее, т.е. задержки пакетов.

Недостатком PESQ является то, что они основываются на сравнении аудиопотоков на входе и выходе системы. Это так называемый мониторинг методом «активного тестирования». Но такой способ дополнительно нагружает сеть лишним трафиком, что влечет некоторые проблемы в ходе тестирования.

Поэтому пока самым лучшим способом определения качества связи в сетях VoIP считается оценка его самими абонентами. Степень вредного воздействия шума, эха, задержек или помех на качество речевой связи определяется тем, насколько комфортно могут в это время разговаривать конкретные абоненты. В теории для точной оценки следовало бы регулярно проводить опросы достаточно большого числа абонентов на предмет удовлетворенности связью, поскольку восприятие качества речевой связи всегда субъективно. Однако на практике это просто неосуществимо. К тому же появление и исчезновение нагрузки происходит чаще всего незапланированно, среагировать на изменение достаточно быстро невозможно.

Кроме того, нужно иметь в виду, что оценка степени удовлетворенности абонентов – очень сложный и субъективный показатель. Его сложно определить количественно и точно сложнее, чем просто измерить скорость загрузки страницы или доставки письма. Поэтому оценка качества VoIP – совсем нетривиальная задача.

IP-телефония значительно выгоднее традиционной, многофункциональнее, снимает ограничения на расстояния и легко поддается реконфигурированию. При этом обладает достаточно высоким качеством связи, которое можно самостоятельно оптимизировать под свои нужды и оборудование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из вышеописанных методов оптимизации передачи данных в информационно-вычислительных сетях, рассмотренная задача актуальна при создании больших вычислительных сетей передачи данных, которые предназначены для эксплуатации в условиях постоянных отказов и сбоев, многократных изменениях интенсивности потоков данных. Оптимизация в процессе передачи и обработки данных в информационно-вычислительной сети позволит значительно сократить время ее работы, а также снизить затраты на развитие и поддержку программных продуктов. Важнейшим в оптимизации информационно-вычислительной сети является ряд информационных средств, которые гарантируют неизменность уровня надежности. Уменьшение издержек на усовершенствование и обеспечение серверов происходит за счёт объединения информационных средств в одном центре обработки данных (или в нескольких). К тому же значительно уменьшаются затраты на оплату услуг связи и передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров Н.М., Каторин Ю.Ф., Нырклов А.П., Соколов С.С., Шнуренко А.А. О безопасности инфраструктуры водного транспорта // Морской вестник. – 2014. – №4 (52). – С. 99–102.
2. Нырклов А.П., Соколов С.С., Черный С.Г., Бориев З.В. К вопросу обеспечения безопасности передачи данных в информационных системах на транспорте с точки зрения эталонной модели взаимодействия открытых систем // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2016. – №2. – С. 28 – 34.
3. Каторин Ю.Ф., Коротков В.В., Нырклов А.П. Защищенность информации в каналах передачи данных в береговых сетях автоматизированной идентификационной системы // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – №1. – С. 98 – 102.
4. Балашова Т.И. Обеспечение отказоустойчивости сети повышением надежности её топологии // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.
5. Алешкин А.С. Использование теории перколяции при описании информационных вычислительных сетей. // Информатизация и глобализация социально-экономических процессов: Сб. науч. тр. II Международ. науч.-практ. конфер. – М., ВНИИПВТИ, 2007, с. 16–18.
6. Broadbent S.R., Hammersley J.M. // Proc. Camb. Phil. Soc. – 1957. – Vol.53. – P. 629–633.
7. Голубев А.С., Звягин М.Ю., Милованов Д.С. Эффект перколяции в информационных сетях с неустойчивыми связями // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 3(2). – С. 260–263.
8. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. – М.: УРСС, 2012. – 112 с.
9. Некрасова А.А., Соколов С.С. Исследование возможности применения теории перколяции для управления потоками данных в информационных сетях на транспорте // Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. – 2015. – №4(32). – С. 192–198.
10. Полугина Ю.К., Соколов С.С., Гаскаров В.Д. Совершенствование комбинированной метрики маршрутизации в IP-телефонии на примере транспортно-логистического центра // Вестник ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. – 2016. – №4(38). – С. 232–240.
11. Гольфштейн А.Б., Гольфштейн Б.С. SOFTSWITCH. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2006. – 368 с.
12. ITU-T Recommendation E.164 (02/2005): The international public telecommunication numbering plan.
13. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем. – Киев: Наукова думка, 1992. – 160 с.
14. ITU-T Recommendation P.800 (08/96): Methods for subjective determination of transmission quality. ■

Ключевым моментом обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) корабельных радиоэлектронных систем, электрооборудования, автоматизированных систем управления, навигации и пр. (далее – технические средства) и безопасности экипажа является определение электромагнитной помеховой обстановки в корабельных помещениях [1]. В соответствии с существующей терминологией под электромагнитной обстановкой понимают совокупность электромагнитных явлений, характеризующихся пространственным, амплитудно-временным и частотным распределениями [2]. Задача сводится к определению уровней и пространственных распределений характеристик помехонесущих электромагнитных полей в местах размещения корабельных технических средств (ТС) и личного состава, позволяющих оценить помехоустойчивость ТС и безопасность личного состава в условиях реальных электромагнитных воздействий.

Для анализа формирования электромагнитной помеховой обстановки в корабельных помещениях в местах размещения ТС и личного состава удобно воспользоваться представлением корабля как единой интегрированной системы «корабль–ТС–экипаж» [1].

В этом случае электромагнитная помеховая обстановка в корабельных помещениях определяется не только помехоэмиссией многочисленных взаимосвязанных функционирующих корабельных ТС (внутрисистемные воздействия), но и внесистемными внешними электромагнитными воздействиями естественного и искусственного происхождения. К внешним электромагнитным воздействиям естественного происхождения относятся молния, электростатические разряды и пр., а к воздействиям искусственного техногенного происхождения – излучение «чужих» радиолокационных станций, ЛЭП и других внешних объектов, а также преднамеренные внешние силовые электромагнитные воздействия террористической или военной направленности [3]. Последний вид воздействий, по существу, обусловлен поражающими факторами электромагнитного оружия, у которого основным поражающим фактором является мощное электромагнитное излучение. В силу целенаправленного действия этот вид воздействий представляет наибольшую опасность как для корабельных ТС, так для личного состава кораблей и приводит к необходимости разработки специальных средств защиты, эффективность кото-

МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В КОРАБЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

*Б.Н. Городецкий, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 4580*

рых определяется на основе контроля параметров электромагнитной обстановки в корабельных помещениях в условиях потенциально возможных поражающих воздействий.

Таким образом, определение параметров электромагнитной обстановки становится ключевым моментом не только при определении ЭМС корабельных ТС в традиционном понимании [2], но и при определении их стойкости и безопасности экипажа при внешних силовых электромагнитных воздействиях, а также при оценке эффективности реализованных средств и мероприятий для защиты ТС и обеспечения безопасности личного состава.

Расчетные методы позволяют осуществить лишь прогнозирующую оценку параметров электромагнитной обстановки на ранних стадиях проектирования ТС. Это связано с тем, что аналитические методы не позволяют учесть реальные геометрические особенности корабельных конструкций, а численные методы, использующие стандартные универсальные пакеты программных средств, требуют сложной адаптации программного обеспечения для решения даже частных задач обеспечения ЭМС ТС и их защиты от внешних силовых электромагнитных воздействий. От указанных недостатков в значительной мере свободны методы физического моделирования. Однако и их применение ограничивается необходимостью изготовления дорогостоящих физических моделей корабельных корпусных конструкций и использования сложных методов проведения эксперимента, а также необходимостью использования крупномасштабных специализированных стационарных стендов.

Указанные обстоятельства приводят к необходимости разработки методов, которые в соответствии с существующей терминологией [4] можно определить как методы «натурного» моделирования. Эти методы позволяют непосредственно определять параметры электромагнитной обстановки и оценивать реакцию ТС в натуральных корабельных условиях путем моделирования помехоактивности реальных

ТС на основе выбора их режимов по заданному алгоритму. При этом дополнительно должны моделироваться (имитироваться) те воздействия, которые могут иметь место в реальных условиях, но источники которых не допускают непосредственного натурного воспроизведения в процессе моделирования. Последняя ситуация относится прежде всего к внешним предельным силовым электромагнитным воздействиям, обусловленным мощными, в том числе ядерно-физическими, источниками излучения.

Методы натурного моделирования дают возможность учесть все реальные особенности корабельных конструкций, схем и условий размещения ТС и кабельных трасс, а также определить реакцию ТС на внутрисистемные и внешние силовые воздействия и оценить их предельно допустимые уровни. Очевидно, что результаты таких экспериментальных оценок будут обладать максимальной степенью достоверности и, кроме этого, могут быть использованы для верификации расчетных алгоритмов и программных средств.

Из изложенного следует, что можно выделить две группы практических задач, связанных моделированием электромагнитной помеховой обстановки в натуральных корабельных условиях.

Первая из них относится к моделированию внутрисистемной помеховой обстановки в условиях штатного функционирования корабельных ТС в рабочих режимах при решении традиционных задач обеспечения ЭМС корабельных ТС. В этом случае, как уже отмечалось, составляется алгоритм работы отдельных ТС с целью выявления тех из них, которые обладают наибольшей помехоактивностью и вносят наибольший вклад в уровни электромагнитных полей в выбранном корабельном помещении. Параметры электромагнитной обстановки, включающие амплитудно-временные и частотные спектральные характеристики этих полей, определяются путем прямых измерений в выбранных пространственных точках – местах установки помехочувствительных ТС и размещения личного состава. При

этом оценивается штатное функционирование на всех рабочих режимах ТС на отсутствие сбоев и нарушений функционирования, обусловленных электромагнитной помеховой обстановкой, включая соответствующие кондуктивные помехи.

Значительно сложнее обстоит дело с решением практических задач *второй группы*, к которой относится определение помехоустойчивости, а, по существу, стойкости ТС при внешних электромагнитных воздействиях. Как и для задач первой группы, в этом случае определяется стойкость (помехоустойчивость) корабельных ТС в условиях моделируемой помеховой электромагнитной обстановки в корабельных помещениях. Однако при этом на фоне электромагнитных воздействий, обусловленных помехоактивностью имеющихся корабельных ТС при их штатном функционировании, необходимо дополнительно задать воздействия, соответствующие внешним электромагнитным воздействиям.

Следует отметить, что задание только внешних воздействий без учета максимально неблагоприятной внутрисистемной помеховой обстановки может привести к завышению оценок запаса стойкости ТС и нарушению их штатного функционирования в условиях реальных поражающих преднамеренных воздействий.

Необходимость учета внешних воздействий резко усложняет поставленную задачу. Дело в том, что в настоящее время для преднамеренных внешних воздействий, представляющих наибольшую опасность для корабельных ТС и личного состава, амплитудно-временные и частотные спектральные параметры регламентированы только для ограниченного круга внешних источников излучения [5]. В большинстве же случаев параметры этих воздействий априори не известны и обусловлены задачей нанесения максимального поражающего эффекта конкретному объекту поражения с учетом его специфических особенностей. Последнее обстоятельство приводит к необходимости предварительного прогнозирования параметров потенциально возможных источников преднамеренных воздействий с последующим их моделированием (имитацией) в процессе эксперимента.

Еще одна трудность моделирования внешних преднамеренных электромагнитных воздействий связана с тем, что воздействие должно иметь неразрушающий характер относительно имеющихся в корабельных помещениях ТС. Это обстоятельство обусловлено тем, что ТС современного

корабля, который является одним из самых дорогостоящих промышленных объектов, не могут быть поражены или уничтожены при определении их стойкости и оценке эффективности используемых средств защиты.

Преодолеть указанную трудность можно, если допустить, что задача является линейной относительно уровня воздействий. Тогда задавая внешние воздействия заведомо допустимого уровня можно определить параметры электромагнитной помеховой обстановки и реакцию ТС, а в дальнейшем экстраполировать полученные результаты с учетом требуемого уровня внешних преднамеренных воздействий. Аналогичным образом можно поступать при моделировании ядерно-физических источников излучения, реализация которых в натуральных условиях корабля принципиально невозможна, а также при контроле состояния и оценке эффективности реализованного комплекса средств защиты.

В методике моделирования электромагнитной обстановки в корабельных помещениях при внешних преднамеренных электромагнитных воздействиях целесообразно использовать принцип «слабого звена». В этом случае на основе результатов предварительного анализа размещения наиболее помехочувствительных ТС выбираются «опасные» помещения, испытывающие локальные электромагнитные воздействия, что дает возможность снизить требования к излучаемой мощности и диаграмме направленности используемых при моделировании имитаторов внешнего излучения.

Кроме изложенных методов, при натурном моделировании могут быть использованы приближенные расчетно-экспериментальные методы моделирования электромагнитной обстановки. В этом случае расчетным путем или на основе имеющихся результатов натурных измерений предварительно определяются уровни и частотные спектры электромагнитных полей в корабельных помещениях при внешних воздействиях с учетом экранирующего действия корпусных конструкций. После этого полученные уровни полей воспроизводятся внутри корабельных помещений с помощью специальных имитаторов, устанавливаемых непосредственно внутри помещений.

Отсюда следует, что решение поставленных задач и практическая реализация методов натурного моделирования невозможны без использования специализированного аппаратного обеспечения, включающего соот-

ветствующие имитаторы внешних воздействий и средства измерений.

Для реализации рассмотренных методов натурного моделирования электромагнитной помеховой обстановки в корабельных помещениях в настоящее время в ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках создания отраслевой экспериментальной базы для обеспечения ЭМС ТС современных кораблей и их защиты от силовых электромагнитных воздействий создается специализированный мобильный лабораторный стендовый комплекс [6], оснащенный как установками собственного производства, так и аппаратурой и приборами ведущих зарубежных фирм.

Для проведения испытаний по определению параметров ЭМС ТС в натуральных условиях используется аппаратура отраслевого мобильного комплекса ЭМС [7], который входит в состав создаваемой экспериментальной базы. Вся аппаратура мобильного стендового комплекса смонтирована на передвижной автономной платформе, выполненной на базе микроавтобуса.

Применительно к решению задач первой группы по моделированию помеховой обстановки при решении традиционных задач обеспечения ЭМС корабельных ТС используемая аппаратура позволяет формировать 17 самостоятельных стендовых установок, с помощью которых можно измерить параметры электромагнитной обстановки, оценить помехоэмиссию и помехоустойчивость корабельных ТС, а также отыскать основные источники помех.

Установки для оценки помехоустойчивости ТС позволяют провести проверки на устойчивость к кондуктивным помехам, гармоническому низкочастотному и радиочастотному магнитному полю, к наносекундным импульсным помехам, к микросекундным импульсным помехам большой энергии и помехам общего вида. Установки для оценки помехоэмиссии ТС позволяют проверить оборудование на кондуктивные и излучаемые индустриальные радиопомехи, а также регистрировать параметры электромагнитных полей от постоянных до сверхвысокочастотных. Установки для поиска источников помех в кабельной сети корабельной электроэнергетической системы позволяют выявить источники наводок на основе анализа спектральных составляющих сигналов.

Сложнее обстоит дело с имитаторами внешних электромагнитных воздействий. Практически реализовать такие имитаторы проще всего на базе оборудования специализированных морских полигонов. Полигонный вид

испытаний, как наиболее надежный, информативный и приближенный к реальным условиям эксплуатации кораблей при воздействии внешнего силового электромагнитного излучения в настоящее время широко используется в некоторых зарубежных странах и, в частности, в США. Однако создание подобного полигонного испытательного оборудования является высоко затратным, а проведение испытаний реальных кораблей требует разработки специальных методик определения уровней воздействий, позволяющих гарантировать неразрушающий для ТС характер контроля параметров электромагнитной обстановки в корабельных помещениях.

В связи с этим в рамках создаваемой экспериментальной базы был реализован другой путь, основанный на использовании мобильных имитаторов внешних силовых воздействий, входящих в состав создаваемого автономного стендового комплекса.

В качестве таких устройств были использованы излучатели собственной разработки «Торнадо» и ИП-3, а также излучатель сверхширокополосных электромагнитных импульсов ИК100-3К.

Имитатор «Торнадо» предназначен для создания импульсного электромагнитного поля, воздействующего на ТС непосредственно в местах их установки в корабельных помещениях [9]. Характеристики воспроизводимого импульса соответствуют параметрам импульсов ядерно-физических источников внешних силовых воздействий. При этом имитатор позволяет воспроизводить видеоимпульсы заданной амплитуды длительностью порядка десятков наносекунд при длительности фронта порядка единиц наносекунд.

Имитатор «Торнадо» может устанавливаться как вне, так и внутри корабельных помещений. В последнем случае характеристики воспроизводимого импульса определяются предварительно с учетом экранирующего действия корпусных конструкций корабельных помещений на основе расчетных оценок и экспериментальных данных.

В качестве накопителя энергии в имитаторе используются емкостные накопители, собранные по схеме 8-каскадного генератора. Каждый каскад состоит из 4 параллельно включенных керамических конденсаторов емкостью 10 нФ с рабочим напряжением 40 кВ.

Система полеобразования в высокочастотной части спектра выполнена в виде специально разработанной излучающей антенны, представляющей собой две в форме трапеций из одностороннего фольгированного стекло-

текстолита, находящихся под углом 60° друг к другу и соединенных диэлектрической планкой с нагрузочным сопротивлением. Полоса пропускания антенны ограничена сверху частотой 10⁷ Гц, что соответствует примерно 88% излучаемой энергии от поступающего в антенну импульса. Максимальный размер антенны не превышает 1 м, что позволяет ее использовать практически в любых корабельных помещениях. Антенна для излучения низкочастотной магнитной составляющей электромагнитного импульса представляет собой рамку в виде витка треугольной формы. По излучению низкочастотной электрической составляющей антенна представляет собой электрический диполь, а для излучения высокочастотных составляющих ЭМП в антенных пластинах, имеющих форму трапеций, сделаны отверстия размерами, увеличивающимися по мере удаления от места подключения. При этом антенна является логопериодической частотно-независимой, излучающей широкий спектр частот.

Подключение системы полеобразования имитатора «Торнадо» к микропроцессорным устройствам, входящим в состав мобильного стендового комплекса, позволяет формировать как непосредственно электромагнитный импульс, так и его спектральное представление в широком (примерно до 10 ГГц) диапазоне частот. При решении традиционных задач обеспечения ЭМС это дает возможность определять не только помехоустойчивость ТС, но и уровень кондуктивных помех общего и нормального вида в импульсном и монохроматическом режимах на требуемых частотах.

Имитатор ИП-3 предназначен для имитации источников микроволнового электромагнитного излучения. Он воспроизводит электромагнитное излучение в виде периодической последовательности сверхвысокочастотных импульсно-модулированных сигналов с монохроматической несущей частотой 2,5 ГГц и изменяемой амплитудой и длительностью импульсов. Конструктивно он состоит из двух блоков: блока питания и управления, а также рупорной ТЕМ-антенны. Плотность потока энергии на расстоянии 1 м от среза излучающей антенны – не менее 200 Вт/м².

Установка ИК100-3К предназначена для имитации видеоимпульсов, имеющих длительность 150–250 нс с длительностью переднего фронта около 50 нс при частоте повторения импульсов 1–5 кГц. Установка ИК100-3К состоит из полупроводникового генератора фирмы НПАО «ФИД-Техника» [10] с амплитудой выходного напря-

жения 100 кВ и четырехмодульной рупорной ТЕМ-антенны.

В заключение отметим, что мобильные установки и аппаратура создаваемого автономного мобильного стендового комплекса позволяет решать кроме перечисленных еще целый ряд практически значимых задач. К ним относятся проверка качества монтажа радиоэлектронного оборудования и кабельных трасс, оценка показателей качества электрической энергии в корабельных сетях электропитания, а также определение параметров электромагнитной безопасности и санитарно-гигиенических норм. Кроме этого, аппаратура мобильного стендового комплекса позволяет проводить испытания ТС не только в натуральных условиях корабельных помещений, но на стендах разработчиков корабельных ТС и заводов-изготовителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вишневский А.М., Городецкий Б.Н., Горшков А.И.* Проблема обеспечения электромагнитной совместимости в судостроении // *Технология ЭМС.* – 2015. – №2(53).
2. ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
3. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / Под ред. Т.П. Газизова. – Изд. Томского гос. университета, 2002.
4. Основы теории подобия и моделирования. Терминология / АН СССР. – М.: Наука, 1973, вып. 88.
5. *Кечиев Л.Н., Балюк Н.В.* Зарубежные военные стандарты в области ЭМС. – М., 2015.
6. *Городецкий Б.Н.* Проблема обеспечения электромагнитной безопасности морских технических объектов // *Технология ЭМС.* – 2015. – №4(55).
7. *Блинков П.В., Вишневский А.М., Городецкий Б.Н., Святоц Е.А.* Особенности построения мобильного испытательного оборудования для определения параметров электромагнитной совместимости судовых радиоэлектронных систем и других технических средств. – Тр. XIX Международ. науч.-техн. конфер. «Радиолокация. Навигация. Связь» RLNC. 2013, Воронеж, 2013.
8. *Joseph C. Giles, William D. Prather.* High-Altitude Nuclear Electromagnetic Pulse Simulators // *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY*, June, 2013, vol. 55, №3.
9. *Городецкий Б.Н.* Исследование воздействия на корабельные системы электромагнитного импульса. Флагман корабельной науки. – СПб.: Изд. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2009, т.6.
10. *Ефанов В.М., Крикленко А.В., Бердышев А.В., Нестеров Е.В., Провоторов Г.Ф., Щеголеватых А.С.* Излучатели мощных электромагнитных импульсов наносекундного диапазона длительностей большой пиковой мощности. – Тр. XVIII Международ. науч.-техн. конфер. «Радиолокация. Навигация. Связь» RLNC 2012, Воронеж, 2012. ■

На сегодняшний день навигационное вооружение кораблей, входящих в состав ВМФ РФ, отличается большим разнообразием. Это вызвано значительным количеством типов кораблей, многообразием решаемых ими задач и выявляемыми недостатками в программе создания навигационных систем и комплексов для них.

В 70-х гг. XX в. с целью повышения эффективности навигационного вооружения надводных кораблей, улучшения характеристик точности, времени хранения вырабатываемых навигационных параметров (НП) с заданной точностью, надежности, живучести и других качеств до этого разрозненные приборы и системы стали объединять в единый навигационный комплекс (НК).

Первым НК для надводных кораблей был «Салгир-1143» на авианесущем крейсере пр. 1143, созданный в 1982 г. Дальнейшим развитием стала его модификация на кораблях других классов. НК построен на аналоговых вычислительных устройствах, для выработки и хранения курса – гироскопы типа «Курс-10» и гиросимутгоризонты «Минута», для выработки данных о скорости относительно воды используется индукционный лаг «Катех». Информация о навигационных параметрах передается потребителям преимущественно в аналоговом виде.

Для высокоскоростных объектов – кораблей с динамическими принципами поддержания (корабли и катера на подводных крыльях, на воздушной подушке и экранопланы) создавались командно-управляющие системы, включающие в себя и навигационную подсистему. Первым опытом создания таких комплексов явился навигационно-управляющий комплекс «Приток».

Затем появился базовый НК для широкого круга кораблей – «Бейсур», (1988 г.). Благодаря модульному принципу построения, внедрению цифровой техники этот комплекс стал доступен для размещения на кораблях различных классов.

В 2000 г. в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) «Чардаш» был разработан модуль электронной навигационной информационной системы, обеспечивающий навигационную безопасность плавания в открытом море, узкости, на акваториях портов и при швартовке с отображением электронной карты и радиолокационной информации» (разработчик – ЗАО «Морские навигационные системы»).

Техническая политика, проводимая в начале 2000-х гг. ГУНиО МО РФ и ГосНИНГИ МО РФ была направлена на поддержку создания и внедрения в практику мореплавания систем, соответствующих международной концепции ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) – информационных систем с отображением электронной карты, эквивалентной

О СОСТОЯНИИ И ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСАХ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ МОРСКИХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ НА НАДВОДНЫХ КОРАБЛЯХ ВМФ

В.А. Катенин, д-р воен. наук, проф., ученый секретарь, капитан 1 ранга в отставке, **В.А. Титлянов**, канд. техн. наук, директор по научной работе, капитан 1 ранга в отставке, АО «ГНИНГИ»

П.А. Гапонюк, капитан 3 ранга, адъюнкт СПб ВМИ – филиала ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,
контакт. тел. (812) 327 9926, 322 2113, 322 2351

бумажной морской навигационной карте. Вследствие этого возникла необходимость сертификации электронной навигационно-информационной системы (ЭНИС) военного назначения. Одним из условий сертификации таких систем было их соответствие международным стандартам, в частности требованиям протокола обмена ЭНИС с источниками информации.

В отсутствие единой государственной технической политики в области создания (модернизации) морских средств навигации (МСН) решение данного вопроса переместилось преимущественно в область инициативных разработок предприятиями-изготовителями. При этом под модернизацией вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) принято понимать обновление устаревшей техники путем усовершенствования конструкции отдельных ее частей, изменения состава оборудования и т. п. в целях улучшения тактико-технических характеристик и (или) повышения эксплуатационных и технологических качеств [1].

Более широкое толкование термина «модернизация» приведено в работе [2], под которой понимается сложная научная проблема, требующая системного подхода с учетом результатов анализа боевых задач, для решения которых образец предназначен, эффективности, достигаемой – существующими и модернизируемыми образцами, а также с учетом места и роли модернизируемого образца в системе вооружения, его взаимосвязей с другими элементами системы вооружения и взаимовлияния затрат на проведение модернизации, вариантов конструктивного совершенствования образца, возможностей предприятий оборонной промышленности по проведению собственными конструктивных доработок (производством модернизированного образца ВВСТ и т. п.

С одной стороны, это может привести к увеличению номенклатуры образцов и одновременно к получению преимуществ ВМФ по технико-экономическим показателям:

- возможность выбора МСН в зависимости от их технических характеристик и стоимости;
 - наличие конкуренции между поставщиками, что должно приводить к улучшению качества продукции и снижению ее стоимости;
 - застрахованность от срывов поставок МСН в случае ликвидации какого-либо поставщика (это, например, произошло в 90-х гг. с ПО «Ленинец», номенклатурой НЭЛ и ГАЛ молдавского производства).
- С другой стороны, модернизация и развитие МСН надводных кораблей ВМФ и складывающаяся тенденция к интеграции в корабельную систему управления будет представлять комплексную задачу, включающую:
- модернизацию стоящих на вооружении и разработку перспективных датчиков навигационной информации в части автономных средств навигации;
 - модернизацию, развитие и разработку перспективных образцов навигационно-гидроакустической техники, прежде всего гидроакустических абсолютных лагов с введением их в состав НК;
 - модернизацию программного (математического) обеспечения НК в целях их непосредственной интеграции в перспективные комплексные системы управления;
 - возобновление работ по созданию телевизионно-оптического астронавигационного пеленгатора, позволяющего автоматизировать задачи определения поправки систем курсоуказания.
- Специалистами также отмечается, что особое место занимает проектирование навигационных комплексов и комплексов корабельных электронных средств, обеспечивающих выполнение боевых задач и безопасность плавания с максимальной эффективностью за счет быстродействующего обмена информацией. Для этого необходимо непрерывное поступление информации, команд и слежение за все-

ми аспектами деятельности корабля. На современных боевых кораблях циркулирование информации между сложными системами осуществляется по тяжеловесным кабельным трассам, требующим прокладки их через многочисленные отверстия в приборах, наличия множества соединительных коробок и ручных переключателей. Положение кабельной сети принято задавать на ранних этапах проектирования корабля, и по этой причине этапы проектирования оружия и корабля оказываются совмещенными во времени. Так как между замыслом проекта и вводом корабля в строй проходит много времени, его оружие, МСН и другие электронные средства редко оказываются на уровне современности. Кабельные линии современного корабля средних размеров имеют значительную массу в десятки тонн, при этом доля кабельных линий навигационных комплексов составляет от 5% этой массы.

Таким образом, анализ состояния и выявление перспективных направлений модернизации МСН надводных кораблей показывает, что на сегодняшний день существующие навигационные комплексы и навигационное вооружения не в полной мере отвечают современным требованиям.

Перспективные направления модернизации МСН могут быть реализованы в виде интегрированных систем, позволяющих решать основные задачи: применения корабельного оружия и использования технических средств, навигации, автоматического управления движением и др. При этом понятие модернизации в штурманском сообществе часто ассоциируется с такими терминами, как эксплуатация и ремонт МСН.

Рассмотрим их более подробно.

Эксплуатация и ремонт МСН реализуются в соответствии с требованиями руководящих документов по организации штурманской службы. К основным руководящим документам относятся:

- Корабельный устав ВМФ (КУ ВМФ);
- Руководство по эксплуатации и ремонту морских средств навигации кораблей и судов ВМФ (РЭР МСН);
- Правила штурманской службы по отдельным приборам и системам (ПШС);
- Положение об организации ремонта переоборудования и модернизации кораблей и судов ВМФ;
- Положение об организации ремонта, переоборудования и модернизации кораблей, вспомогательных судов и базовых плавучих средств ВМФ». Утв. приказом ГК ВМФ от 1973 г. № 195.
- ГОСТ РВ 50098–92. «Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения модернизации, переоборудования и модернизационных работ». Госстандарт. 1992 г.
- Инструкция по периодическим планово-предупредительным осмотрам и ре-

монтам технических средств на кораблях ВМФ;

- типовые ведомости регламентных работ и типовые сетевые графики МПР БЧ-1 (ТВРР);
- эксплуатационная документация (ЭД) МСН и другие документы.

В одном из основных флотском руководящем документе [3], определяющем (ст. 1 РЭРМСН 95) организацию эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, хранения и консервации МСН надводных кораблей и судов обеспечения ВМФ с целью обеспечения их технической готовности к использованию по прямому назначению в течение всего времени эксплуатации, лишь в одной статье «модернизация» поставлена в один смысловой ряд с «ремонтом» и «переоборудованием», без указания отличий данных видов работ.

ГОСТ РВ 20.39.301 [4], который представляет собой комплекс стандартов и часть «Комплексной системы общих технических требований» и «Комплексной системы контроля качества», устанавливает тактико-технические (технические) требования заказчика к конкретным видам объектов ВВСТ, их составным частям (системам, устройствам, оборудованию), в частности, связь комплекса стандартов с другими нормативными документами на военную технику.

Анализ данного стандарта показывает, что ремонт МСН достаточно подробно регламентирован, обозначена необходимость соответствия разрабатываемых, ремонтируемых и испытываемых МСН после установки на корабли. А вот модернизация «приравнена» к ремонту, и отремонтированные МСН должны соответствовать требованиям тактико-техническим заданиям (ТЗ) и оперативно-тактическим заданиям (ОТЗ).

Согласно приложению 1 ГОСТ РВ 50098 [5] под «модернизацией корабля» понимается совокупность работ, выполняемых по специально разработанному проекту, предусматривающему замену (модернизацию) ВВСТ (устаревших, выработавших свой ресурс, срок службы, неремонтопригодных) и (или) установку дополнительных ВВСТ, улучшающих боевые и эксплуатационные свойства корабля до уровня, отвечающего требованиям ВМФ.

Там же, под переоборудованием корабля предписано понимать: совокупность работ, выполняемых по специально разработанному проекту, предусматривающему изменение основного функционального назначения корабля путем замены (модернизации) и (или) установки дополнительных ВВСТ, перепланировки помещений, изменяющих боевые и эксплуатационные свойства корабля».

Под модернизационной работой понимается – «работа, выполняемая по совместному решению, предусматривающему мо-

дернизацию корпуса, ВВСТ корабля путем замены или установки новых составных частей, а также установку дополнительных ВВСТ с целью улучшения отдельных боевых и эксплуатационных свойств корабля».

В данном стандарте установлены содержательные признаки модернизации и переоборудования корабля.

Под модернизацией корабля понимается совокупность работ, выполняемых по специально разработанному проекту, предусматривающему замену (модернизацию) устаревших (выработавших ресурс, срок службы, неремонтопригодных) ВВСТ и (или) улучшающих боевые и эксплуатационные свойства корабля.

С нашей точки зрения, наиболее точно понятия переоборудования, модернизации и модернизационных работ приведены в Положении [6]. В нем говорится следующее:

1. *Переоборудование* – это такой вид работ на корабле по специально разработанному проекту, в результате которых меняется в какой-либо части основное назначение корабля. Переоборудование характеризуется значительной перепланировкой помещений на корабле, установкой новых образцов вооружения и техники. При переоборудовании, как правило, изменяется номер проекта корабля.

2. *Модернизация* – это такой вид работ на корабле по специально разработанному проекту, в результате выполнения которых изменяются отдельные тактико-технические элементы корабля, но основное его назначение остается прежним.

Модернизация характеризуется заменой устаревших образцов вооружения и техники новыми, более современными. Выполняется она одновременно по всем боевым частям и службам корабля.

3. *Модернизационные работы* – это такие работы, которые выполняются на корабле по специальным решениям и связаны с заменой отдельных устаревших или установкой дополнительных образцов материальной части, или работы, направленные на улучшение живучести корабля, эксплуатации, надежности и боевого использования имеющихся на корабле отдельных образцов материальной части.

Анализ современного состояния, перспективных направлений и руководящих документов, определяющих организацию проведения модернизации МСН на надводных кораблях ВМФ показывает, что общепринятые и стандартизированные понятия в различных документах классифицируются и трактуются по-разному. В ряде флотских документов модернизационные работы вовсе не имеют установленной трактовки, а упоминаются вскользь в одном смысловом ряду с различными видами ремонта.

В государственных стандартах модернизация, модернизационные работы имеют лишь качественные трактовки без

определения критериев и тем более количественных показателей. А технологии, методы обоснования процесса организации проведения модернизации МСН на надводных кораблях, поиск и обоснование перспективных путей и направлений модернизации в руководящих документах практически не определены.

При определении направлений проведения модернизации ВВСТ наряду с методами морфологического и сравнительного анализа, ликвидации недостатков и узких мест в развитии вооружения ВМФ широко применяется метод оценки эффективности информационных систем (подсистем), в том числе и МСН как корабельной информационной системы.

Само понятие «эффективности» [7] не является однозначным. Принято различать три вида эффективности информационных систем: – информативная; – функциональная; – военно-экономическая.

Научно-методический аппарат оценки информативной эффективности не в полной мере проработан и требует конкретизации в каждом отдельном случае. Даже когда оценка информативной эффективности системы приводит к однозначному выводу (что возможно в случае, если оцениваемая и сравниваемая системы выдают информацию о единственном и одном и том же элементе либо, когда состав нескольких элементов одинаков, и вывод о превосходстве одной системы над другой по каждому из элементов один и тот же), его результаты никоим образом не говорят о полезности информативно эффективной системы и целесообразности ее сохранения, модернизации или создания.

О полезности системы позволяет судить оценка ее функциональной эффективности. В данном случае исходят из того, что в конечном итоге функцией системы является обеспечение заданной результативности (эффективности) боевых действий и повседневной деятельности корабля. Степень выполнения этой функции системой навигации корабля в целом и входящими в нее МСН и определяет понятие функциональной эффективности.

Однако и полезность сама по себе не то свойство системы, которое достаточно для принятия окончательного решения о создании (модернизации) существующей системы. Такое решение должно приниматься на основе оценки целесообразности, т. е. военно-экономической эффективности системы.

Во всех случаях обоснования требований (кроме ориентировки на рекомендации ИМО, что, впрочем, обоснованием назвать нельзя), как и при оценке функциональной эффективности, полученный результат определяется, помимо всего прочего, конкретными условиями выполнения рассматриваемой задачи.

Другим весьма распространенным методом поиска путей проведения модер-

низации МСН на надводных кораблях является метод экспертной оценки. В его основе лежит предположение, что усредненный вывод из мнений экспертов тем ближе к истине, чем больше экспертов опрошено [8].

Существует ряд модификаций метода экспертной оценки («метод Делфи», «прогнозирование, ориентированное на цель» и др. [9]), позволяющих согласовать мнения экспертов, что, естественно, может и не повысить достоверность усредненного заключения.

Анализ [7] показывает, что на сегодняшний день при разработке путей проведения модернизации МСН на надводных кораблях используемые методы, как правило, не являются универсальными для множества комбинаций типа тактическая задача – навигационная задача и, следовательно, совмещаются с методом экспертных оценок.

В настоящее время [10] в основе синтеза задач навигации лежит подход, заключающийся в анализе соответствия навигационных задач тактическим. Такой метод не позволяет идентифицировать для каждого элемента множество тактических задач, определенного вектора навигационных параметров, а, следовательно, и предварительно оценить структуру МСН корабля и объем вырабатываемой им навигационной информации.

Предложенный в [11] метод выбора путем сравнения выделенных «базовых характеристик» с характеристиками «эталонной системы» также является очередным методом обработки экспертных оценок для решения узкоспециальных задач.

Из сказанного следует, что выбор рационального варианта модернизации МСН должен осуществляться с учетом многих показателей системы, т. е. относится к классу многокритериальных задач. Хорошо известно, что без наложения дополнительных условий многокритериальные задачи не сводятся к однокритериальным. Очевидно, что многокритериальные задачи способен решать только человек, причем на неформальной основе, руководствуясь своими знаниями, опытом и интуицией. Полученные таким образом решения представляют собой компромисс и, конечно, не являются оптимальными, а только рациональными, приемлемыми. Понятно, что качество такого выбора путей проведения модернизации МСН на надводных кораблях тем выше, чем больше сведений о реальных свойствах МСН и корабля в целом представлено.

Установлено [12], что уровень развития МСН и возможности их модернизации напрямую зависят от достижений науки и техники. Представляет интерес анализ взаимосвязи проблемных вопросов, существующего научно-методического аппарата проведения модернизации МСН на надводных кораблях и возможностей

науки и техники, так как он позволяет оперативно использовать последние научные достижения в области создания МСН и организации проведения модернизации МСН на надводных кораблях.

Несмотря на многолетний опыт создания и модернизации как МСН, так и современных надводных кораблей, наличие руководящих документов, общепринятого и однозначного понимания «модернизации» не существует.

По этой причине необходимость научного обоснования поиска путей решения наиболее критичных проблем, связанных с модернизацией морских средств навигации надводных кораблей, а также повышения качества принимаемых решений за счет адаптации используемого научно-методического обеспечения к текущим условиям и приоритетам развития вооружения, военной и специальной техники очевидна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Военный энциклопедический словарь. – М.: Воениздат, 2007. – 832 с.
2. Буренок В. М. Модернизация как важная научная и производственная проблема // Военно-космическая оборона. – 2009. – №5. – С. 1–15.
3. Руководство по эксплуатации и ремонту морских средств навигации кораблей и судов военно-морского флота. – СПб.: ГУ-НиО МО, 1995 г., 74 с.
4. ГОСТ РВ 20.39.301 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования. Методы обеспечения и оценки соответствия требованиям. Основные положения. – М.: Госстандарт России, 1998. – 37 с.
5. ГОСТ РВ 50098 Корабли и суда ВМФ. Порядок выполнения модернизации, переоборудования и модернизационных работ. – М.: Госстандарт России, 1992. – 28 с.
6. Положение об организации ремонта, переоборудования и модернизации кораблей, вспомогательных судов и базовых плавучих средств ВМФ. Утв. приказом ГК ВМФ от 1973 г. № 195.
7. Основы теории навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ. Военно-научный труд. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2003. – Ч. 1. – 160 с.
8. Бешелев С. Д., Гурвиц Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 264 с.
9. Куриц Г., Доннел С. Управление: системный и операционный анализ управленческих функций. – М.: Прогресс, 1981. – Т. 1. – 496 с.; Т. 2. – 512 с.
10. Макода В. С., Бродский П. Г. Метод обоснования требований к тактико-техническим характеристикам навигационных комплексов // Навигация и гидрография. – 2007. – № 24. – С. 1625
11. Ярошенко С. А. Метод выбора оптимальной по стоимости и качеству системы курсоуказания и стабилизации морских объектов // Навигация и гидрография. – 2015. – № 39. – С. 1216
12. Катенин В. А., Дмитриев В. И. Навигационное обеспечение судовождения. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 372 с. ■

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЧНОСТИ КОРПУСА СУДНА - ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

А.В. Гадеев, д-р физ. наук, проф., проректор,

А.Б. Максимов, канд. техн. наук, доцент,

М.В. Гуляев, канд. воен. наук, доцент, ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь,

И.П. Шевченко, гл. метролог, ООО «Судостроительный завод «Залив»,

*И.С. Ерохина, преподаватель ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь,
контакт. тел. +7 (978) 0657377, aleksandrmsk@yandex.ru*

Прочность корпуса судна в значительной мере определяет степень безопасности мореплавания. Так, например, по данным генерального директора Российского морского регистра судоходства [1], аварийность по причине дефектов корпуса составляет почти 42% всех видов аварийных ситуаций. В процессе эксплуатации корпус судна находится под действием циклических нагрузок. Колебания судна на волне приводят к периодическому изменению напряженно-деформированного состояния металла корпуса. С увеличением величины волны амплитуда периодических напряжений в конструкциях корпуса судна увеличивается. Кроме того, периодические пиковые напряжения возникают при погрузке и разгрузке судна. С увеличением скорости этих операций может не успевать релаксация металла по длине судна.

Вследствие возникновения периодических колебаний механических напряжений в конструкции корпуса судна происходит мало- и многоцикловая усталость металла. Это приводит к развитию процессов его повреждаемости, в результате которого прочностные, пластические и вязкие свойства ухудшаются и могут стать ниже расчетно-допустимых [2]. Развитие процессов повреждаемости приводит к образованию и развитию трещины в металле при внешних напряжениях соответствующих эксплуатации судна. Комитет по безопасности на море (MSC) Международной морской организации (ИМО) 6 июня 1994 г. представил «Рекомендации по установке систем мониторинга напряжений корпуса судна для повышения безопасности судов, перевозящих сухие грузы навалом» (MSC/Circ.646.1994.Recommendation for the fitting of Hull Stress Monitoring Systems).

В настоящей работе обосновывается применение коэрцитиметрии для мониторинга остаточного ресурса металла корпуса судна.

Исследованию технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации посвящено значительное количество работ [3–8].

Существующие системы контроля механических напряжений (деформаций) корпуса судна основываются на различных физических принципах: тензорезисторные и магнитоупругие преобразователи, волоконно-оптические тензометры и др. Правильно оценивая напряженно-деформированное состояние конструкции, они не отражают реального состояния металла.

В работе [4] предложена методика статистической обработки результатов дефектаций однотипных судов на основе вероятностной оценки выхода из строя элементов конструкции. Показа-

но, что наилучшими априорными свойствами обладает распределение Вейбулла. Рекомендации по этой методике имеют вероятностный характер и применимы только для судов одного типа, но не оценивают изменения в структуре стали.

Предложено использовать установку дублирующих элементов – свидетелей конструкций корпуса судна [5] и из них вырезать образцы на исследования для определения остаточного ресурса металла. При этом предполагается, что элементы конструкции судна и их дублирующие конструкции находятся в одинаковых напряженно-деформированных состояниях. Кроме того, контроль по образцам-свидетелям возможен в ограниченном объеме.

Авторы работ [6–8] предлагают вести контроль напряженного состояния элементов корпуса по показаниям магнитоупругих датчиков, установленных на наиболее ответственных элементах конструкций корпуса. Разработана автоматическая система контроля напряженного состояния корпусных конструкций и вибраций на волнении. Однако магнитоупругие датчики не характеризуют изменение состояния металла в процессе эксплуатации.

Коэрцитивная сила является наиболее чувствительной структурно-физической характеристикой металла. Например, при одноосном растяжении на 5% нормализованной стали 09Г2 коэрцитивная сила возрастает на 40%, а удельное электросопротивление на 6%, при этом повышение предела текучести составляет 50% [9].

Изменение скорости продольных акустических волн в металлах при деформации не превышает 10% [10]. Поэтому среди других методов неразрушающего контроля коэрцитиметрия является более достоверной.

В работе [11, 12] для определения деградации металла предложено рассматривать коэрцитивную силу как характеристику качества металла. Использование коэрцитивной силы возможно для ферромагнитного материала, т.е. конструкционной стали. Корпуса

судов (за исключением некоторых маломерных или специальных) изготовлены из конструкционной стали.

В начале 2000-х гг. для оборудования, поставляемого заводом подъемно-транспортного оборудования (г. Харьков, Украина) в Россию, по инициативе Госгортехнадзора России была разработана карта магнитного контроля. [13, 14].

Согласно этому проводились замеры коэрцитивной силы наиболее тяжело нагруженных элементов оборудования, и полученные данные заносились в карту магнитного контроля. В процессе эксплуатации оборудования периодически делались замеры коэрцитивной силы в тех же местах. На основании полученных данных строилась зависимость коэрцитивной силы от времени эксплуатации. Сравнивая исходные данные с текущими делался вывод о степени повреждаемости металла и об остаточном ресурсе в процессе эксплуатации. Авторами работ [15–17] были выполнены измерения коэрцитивной силы на теплоходе типа река-море «Сибирский-2101», который находился в ремонте на Херсонском судостроительном заводе. Измерения были выполнены в комингсе трюмов № 1–4, который расположен от шпангоута № 50 в кормовой части, до шпангоута № 210 в носовой части и является верхней несущей балкой продольной прочности. Результаты измерений показали, как изменяется уровень коэрцитивной силы по длине корпуса судна. По мнению авторов, наибольшие значения коэрцитивной силы соответствуют большей деградации металла. Измерения, выполненные на левом и правом бортах, показали практическую симметричность значений. Это соответствует теоретическим расчетам.

Для компенсации магнитного поля Земли предложено использовать дополнительный магнитометрический канал.

Однако в работах [15–17] не учитывался уровень исходного состояния значения коэрцитивной силы. Технология постройки корпуса судна в целом состоит в том, что из листового проката, раскроенного по заданной форме, сваривается конструкция. Затем несколько

конструкций свариваются в отсек корпуса, а после этого происходит соединение отсеков с получением корпуса судна. Все перечисленные технологические операции выполняются сваркой. При сварке (даже при соблюдении технологических режимов) в конструкции неизбежно возникают остаточные механические напряжения I и II рода, величину и распределение которых достоверно невозможно рассчитать. Таким образом, эволюция напряженно-деформированного состояния металла от листового проката до готового изделия в настоящее время не учитывается. Поэтому наиболее корректно будет уже на стадии раскроя листов отмечать места замеров коэрцитивной силы в течение всего времени эксплуатации судна.

Кроме указанного технологического фактора, влияющего на значения коэрцитивной силы стали, может оказывать влияние ее химический состав в пределах данной марки. Например, на судостроительном заводе «Залив» толстолистовой прокат для изготовления корпуса судна поступает от пяти-шести заводов-изготовителей. На этих заводах могут быть разные поставщики железной руды, способа выплавки стали и температурно-деформационные режимы прокатки.

Проанализировано влияние химического состава на механические свойства стали различных поставщиков толстолистового проката. Химический состав стали оценивали по величине углеродного эквивалента, рассчитываемого по формуле [8]

$$C_3 = C + \frac{Mn}{5} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cr}{15}, \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Ni и Cu – соответственно содержание элементов углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, никеля и меди, выраженное в процентах.

В результате математической обработки массива данных по каждому заводу-поставщику и по всем вместе не установлено существенной разницы. Поэтому математическая обработка велась без учета поставщика. Получены следующие уравнения регрессии:

$$\delta_B = 414,6 - 4,26h + 249,1C_3 + 13,65(h \cdot C_3); \quad (2)$$

$$\delta_T = 963 - 67,17h - 1798,8C_3 + 210,6(h \cdot C_3); \quad (3)$$

$$\delta = 72,8 - 3,51h - 118,4C_3 + 106,463(h \cdot C_3); \quad (4)$$

где δ_B – временное сопротивление разрыву, МПа; δ_T – предел текучести, МПа; δ – относительное удлинение, %; h – толщина листового проката.

По критерию Фишера все уравнения адекватны реальным данным на уровне достоверности не менее 99%. Параметры уравнений значимо отличаются от нуля (по критерию Стьюдента) при уровне достоверности не менее 95%.

Таким образом, установлена достаточно тесная функциональная связь

между временным сопротивлением разрыву, пределом текучести, относительным удлинением с одной стороны, и величиной углеродного эквивалента и толщиной проката, с другой стороны.

Показано [8], что зависимость между величиной углеродного эквивалента и коэрцитивной силой выражается корреляционным уравнением

$$H_C = 97,8 C_3 + 90, \quad (5)$$

где H_C – значение коэрцитивной силы, А/м; C_3 – углеродный эквивалент, %.

Полученные данные показывают, что применение коэрцитиметрии для определения остаточного ресурса металла в процессе эксплуатации предполагает знание исходного значения коэрцитивной силы в конкретном месте листового проката. Кстати, механические свойства определяются на пробах, отобранных от листа. Поэтому исходные значения механических свойств и коэрцитивной силы должны быть получены на образцах, отобранных от листового проката. Следующий замер необходимо провести после ходовых испытаний при сдаче судна в эксплуатацию. Последующие замеры проводятся периодически по составленному графику. Все полученные замеры (начиная с первого) заносятся в специальный журнал. Количество мест замеров коэрцитивной силы определяется на стадии проектирования судна. Таким образом составляется магнитный паспорт судна, по данным которого можно определить остаточный ресурс металла и время до разрушения.

Для определения коэрцитивной силы стали можно использовать ряд коэрцитиметров, выпускаемых в России. Практически все они могут быть использованы при решении широкого круга проблем: неразрушающий контроль качества термической, термомеханической или химико-термической обработки, определения твердости и механических свойств ферромагнитных материалов, определение напряженно-деформированного состояния металлоконструкции, остаточного ресурса металла, усталостной прочности и др. Организации-изготовители рекомендуют тот или иной прибор для более узкого решения проблем. Так, например, коэрцитиметр МС-10 в основном рекомендуется для определения напряженно-деформированного состояния ферромагнитного материала, коэрцитиметр КРМ-Ц-К2М – для использования в службах технического надзора. Коэрцитиметр КИМ-2М имеет сертификат Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии RU.C.22.003.A № 12287 от 01.07.2012 г., сертификат о типовом одобрении Российского морского регистра судоходства № 12.00138 от 10.05.2012 г.

Необходимо отметить, что современные коэрцитиметры нечувствительны к зазору до 6 мм между феррозондовым датчиком и исследуемой поверхностью металла, т.е. любое диамагнитное покрытие на металле толщиной до 6 мм не влияет на показания коэрцитивной силы. В то же время для акустического метода необходимо предпринимать специальные меры для достаточного контакта датчика и поверхности металла (например, наносить на поверхность специальную жидкость).

Применение коэрцитиметрии для определения химического состава, механических свойств и микроструктуры разрешается следующими нормативными документами:

Международный стандарт ИСО 4301 часть 1...5;

- ГОСТ 21104–75. Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод;
- ГОСТ 30415–96. Сталь. Неразрушающий метод контроля механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом;
- ГОСТ Р52081–2003. Контроль неразрушающий. Метод магнитной «памяти» металла. Принципы и определения;
- ГОСТ 24497-2–2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной «памяти» металла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Коэрцитивная сила ферромагнитных материалов наиболее чувствительна к изменению структуры и механических свойств по сравнению с другими методами неразрушающего контроля.
2. Приборная база для измерения коэрцитивной силы представлена стационарными и портативными (с автономным питанием) приборами, сертифицированными Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии и одобренные Российским морским регистром судоходства.
3. Имеется международная и российская нормативная база по применению коэрцитиметрии как неразрушающего метода контроля структуры и механических свойств ферромагнитных материалов.
4. Применение магнитного паспорта корпуса судна позволит повысить безопасность мореплавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решетов Н.А. Системный подход к обеспечению безопасности: Тенденции и приоритеты развития». – Мат-лы XII Международ. семинара «Качественное судоходство: стандарт XXI века», Санкт-Петербург, 2009, 22 октября.

2. *Максимов А.Б.* Определение ресурса долговечности деталей и конструкций неразрушающими экспресс-методами // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий // Сб. науч. тр. КГМТИ. – 2002. – Вып. 3. – С. 60–65.
3. *Петрова Н.Е.* Изменение технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации // Вестник МГТУ. – 2009. – Т.12. – №1. – С.39–41.
4. *Петрова Н.Е.* Методика оценки надежности корпуса // Вестник МГТУ. – 2009. – Т.12. – №1. – С.41–45.
5. *Казанов Г.Т.* Патент России 2475404. Способ оценки технического состояния корпуса судна. Оpub. 20.03.2013.
6. *Жадобин Н.Е., Королев В.В., Заставный С.В.* Контроль механических напряжений и деформаций в корпусе судна // Контроль. Диагностика. – 2008. – №1. – С. 57–68.
7. *Королев В.В., Жадобин Н.Е.* Контроль технического состояния корпуса судна // Эксплуатация морского транспорта. Сб. науч. тр. Морской академии им. адм. С.О. Макарова. – 2008. – №4 (54). – С. 65–71.
8. *Королев В.В.* Элементы сигнализации в автоматической системе контроля и измерения механических напряжений в корпусе судна // Сб. науч. тр. Морской академии им. адм. С.О. Макарова: Эксплуатация морского транспорта. – 2009. – №4 (58). – С. 61–64.
9. *Максимов А.Б.* Определение марки стальных прутков с помощью коэрцитиметра «СИЛА» // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2013. – №2. – С. 47–49.
10. *Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л.* Скорость звука и структура сталей и сплавов. – Новосибирск: Наука – Сибир. изд. фирма РАН, 1996, 184 с.
11. *Безлюдько Г.Я., Долбия В.Е., Попов Б.Е., Соломаха Р.Н.* Оперативный контроль напряженного и усталостного состояния сварных соединений неразрушающим методом по магнитной характеристике металла – коэрцитивной силе // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2006. – №1. – С. 58–59.
12. *Безлюдько Г.Я., Елкина Е.И., Попов Б.Е., Попов В.А.* Оценка текущего эксплуатационного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин по изменениям коэрцитивной силы металла // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2002. – №1–2. – С. 14.
13. *Попов В.А., Гудошник В.А., Хорло Н.Ф.* О некоторых проблемах мониторинга напряженно-деформированного состояния металлоконструкций подъемных сооружений с применением магнитной структурокопии. www.tuev-dieks.com.
14. *Попов Б.Е., Котельников В.С., Зарудный А.В., Левин Е.А., Безлюдько Г.Я.* Магнитная диагностика и остаточный ресурс подъемных сооружений // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – №2. – С. 44–50.
15. *Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.* Мониторинг прочности судна как один из путей обеспечения безопасности мореплавания // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2011. – №4. – С. 53–56.
16. *Безлюдько Г.Я., Елкина Е.И., Соломаха Р.Н., Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.* Применение коэрцитиметрии для мониторинга продольной прочности корпуса судна в условиях эксплуатации // В мире неразрушающего контроля. – 2011. – №3 (53). – С.9–12.
17. *Завальнюк О.П.* Применение коэрцитиметрии для анализа технического состояния корпуса судов различных сроков эксплуатации // Контроль. Диагностика. – 2013. – №4. – С. 22–27. ■

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

История Керченского государственного морского технологического университета начинается с 1984 г., когда 3 мая распоряжением Совета Министров СССР № 850-р был основан Керченский филиал Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. В 1992 г. на его базе было создано самостоятельное учебное заведение – Керченский морской технологический университет (КМТУ). После воссоединения Крыма с Россией 5 января 2015 г. премьер-министр России Д. А. Медведев подписал распоряжение о создании Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»).

В настоящее время в состав университета входят морской и технологический факультеты, учебно-тренажерный центр и судомеханический техникум. Профессорско-преподавательский состав включает 180 преподавателей, из них 77 кандидатов и доцентов, и 15 профессоров и докторов наук. В университете обучается около 3000 студентов.

В состав морского факультета входят три выпускающие кафедры: «Судовождение», «Судовые энергетические установки» и «Электрооборудование судов и автоматизация производства».

Кафедра «Судовые энергетические установки» создана в 1990 г. Ее сотрудники составляют единый научно-преподавательский коллектив, который способен качественно готовить судомехаников для специфического вида

деятельности в открытом море на промысловых и транспортных судах. Для проведения научных исследований кафедра укомплектована высококвалифицированными специалистами, имеющими как ученые степени и звания, так и морские дипломы практиков высших разрядов. Она оборудована необходимой измерительной аппаратурой и информационно-вычислительной техникой для практической подготовки.

Кафедра «Электрооборудование судов и автоматизация производства» была создана в декабре 1990 г. В ее штате – 15 преподавателей. Базовое образование всех преподавателей отвечает профилю подготовки специалистов. Семь преподавателей имеют ученые степени и звания, из них два – профессора. Профессорско-преподавательский состав кафедры постоянно повышает свою квалификацию в ведущих научных и учебных заведениях России, а также через стажировку в морских иностранных компаниях. За время существования кафедры выпустила 589 специалистов, бакалавров и магистров.

Научное направление кафедры связано с процессами повышения эффективности эксплуатации судового оборудования. Ведется ряд разработок по кибер-физическим системам и их адаптации для морских платформ и судов.

В состав технологического факультета входит кафедра «Машины и аппараты пищевых производств». Организована в 1989 г. на базе кафедры «Технология хранения и переработки морепродуктов». Сотрудниками кафедры опубликованы 3 учебника, 1 моно-

графия, более 100 методических пособий, свыше 200 научных статей и докладов, внедрено 12 патентов. Кафедра выпускает инженеров-механиков для предприятий по переработке рыбы и морепродуктов.

Кафедра «Водные биоресурсы и марикультура» – одно из отраслевых научно-образовательных подразделений технологического факультета. В состав коллектива кафедры входят два профессора доктора наук, четыре кандидата наук. На кафедре осуществляется подготовка специалистов по образовательным программам бакалавриата и магистратуры по направлению «Водные биоресурсы и аквакультура» в очной и заочной форме обучения. Основными направлениями научно-исследовательской работы кафедры являются разработка элементов биотехнологий ценных объектов аквакультуры, а также изучение биоразнообразия, биологии и экологии объектов фауны Азово-Черноморского бассейна. Кроме того, при кафедре функционирует аспирантура по направлению «Биологические науки» по специальности «Ихтиология» и «Гидробиология».

Учебно-тренажерный центр является структурным подразделением ФГБОУ ВО «КГМТУ», осуществляет дополнительную профессиональную подготовку членов экипажей морских судов, студентов, слушателей в соответствии с национальными требованиями Российской Федерации и требованиями международных конвенций ПДПВ–78 с поправками, СОЛАС 74, МАРПОЛ 73/78, Кодекс ОСПС и других по 49 программ.

Действующие и проектируемые **спутниковые системы связи** по высоте и виду орбит спутников разделяются на четыре категории:

- низкоорбитальные;
- среднеорбитальные;
- геостационарные;
- высокоэллиптические.

Для каждой категории систем связи на поверхности Земли должны быть развернуты наземные узловые станции.

Первые три категории систем используют круговые орбиты, четвертая категория – высокоэллиптические орбиты. Системы связи с круговыми орбитами отличаются друг от друга числом орбит, их высотой, числом спутников на орбитах, наклоном орбит.

Пропускная способность любой системы связи зависит от множества факторов, среди которых важнейшими являются диапазон и полоса частот связи. Увеличение пропускной способности достигается за счет увеличения числа зональных лучей, излучаемых спутниками. Каждый зональный луч формируется на отдельной частоте, поэтому возрастает пропускная способность спутниковой системы связи.

Интегральную оценку качества системы спутниковой связи в настоящее время можно характеризовать:

- возможностью работы мобильных телефонов;
- скоростью передачи/приема данных;
- возможностью работы в сети Интернет;
- величиной технического ресурса спутников.

Низкоорбитальные спутниковые системы связи. К числу наиболее известных действующих низкоорбитальных спутниковых систем связи относятся: ИРИДИУМ, ГЛОБАЛСТАР, ОРБКОММ, ГОНЕЦ; к числу проектируемых систем – TELEDESIC, CELESTRI, РОСТЕЛЕКОМ, СИГНАЛ [1].

Основное преимущество низкоорбитальных систем – малая дальность до спутников, основной недостаток – необходимость использования при заданном угле места β большого числа спутников в орбитальной группировке.

В таблице приведены технические характеристики спутниковых систем связи на круговых орбитах. Системы работают в режимах: ТЕЛЕФОН, ФАКС, ДАННЫЕ. Большинство систем используют для связи L – диапазон, проектируемые системы TELEDESIC и CELESTRI будут применять Ka диапазон частот. Среди отечественных и зарубежных систем можно выделить пары систем с примерно одинаковыми характеристиками. Такими парами являются: ИРИДИУМ – РОСТЕЛЕСАТ, ГЛО-

ОБЗОР ЧЕТЫРЕХ КАТЕГОРИЙ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ С РАЗНЫМИ ВИДАМИ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК СПУТНИКОВ

А.И. Кулинич, аспирант,
А.Н. Маринич, канд. техн. наук, проф., доцент,
А.В. Припотнюк, инструктор, методист,
Ю.М. Устинов, д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,
контакт. тел. +7 (965) 076 6404

БАЛСТАР – СИГНАЛ, ОРБКОММ – ГОНЕЦ. Несмотря на схожесть характеристик пар, зарубежные системы являются действующими, отечественные системы находятся в разных стадиях разработки.

Особое место занимают системы ОРБКОММ и ГОНЕЦ. Они используют для связи ОВЧ-диапазон. Из-за малого числа спутников в орбитальных группировках возможна задержка в передаче текстовых сообщений.

Система ИРИДИУМ использует межспутниковую связь при передаче сообщений. Это позволило резко уменьшить число наземных узловых станций. Второе поколение системы ИРИДИУМ обеспечивает скорость передачи данных 1 Мбит/с и работу терминалов в сети Интернет.

Мобильные телефоны для персональной связи спутниковых систем ИРИДИУМ, ГЛОБАЛСТАР продаются на рынке и популярны среди пользователей.

На рис. 1 приведены фотографии мобильных телефонов IRIDIUM 9575 и GLOBALSTAR GSP 1600.

а)



б)



Рис. 1. Мобильные телефоны систем ИРИДИУМ (а) и ГЛОБАЛСТАР GSP 1600 (б)

Технический ресурс спутников низкоорбитальных систем составляет 5–7,5 лет. Малый срок ресурса объясняется тем, что спутник в течение суток многократно находится на теневой стороне Земли, поэтому солнечные и аккумуляторные батареи должны обеспечивать около 5000 циклов зарядки/разрядки в год.

Среднеорбитальные спутниковые системы связи. Два пояса ВАН-АЛ-ЛЕНА с мощным радиационным излучением находятся на высотах 1,6–5,0 и 13,0–19,0 тыс. км. Между поясами существует на высотах 5,0–13,0 тыс. км, где радиационное излучение, губительное для радиоэлектронной аппаратуры, отсутствует.

На высоте около 10 тыс. км размещаются спутники проектируемых среднеорбитальных систем связи ОДИССЕЙ и АЙКО [1]. Характеристики этих систем приведены в таблице.

Если для низкоорбитальных систем ИРИДИУМ, ГЛОБАЛСТАР средняя продолжительность видимости спутника 6–7 мин., то для среднеорбитальных систем эта величина составляет 50 мин. Высота круговых орбит среднеорбитальных спутников на порядок превышает высоту низкоорбитальных, число спутников в орбитальной группировке в четыре раза меньше. Для глобального использования систем достаточно развернуть 10–12 наземных узловых станций.

В перспективе, когда будет решена задача оснащения среднеорбитальных спутников мощными солнечными батареями, в 10 раз большая высота спутников по сравнению с низкоорбитальными не будет значимой. Среднеорбитальные системы получают большее распространение.

Технический ресурс спутников среднеорбитальных систем больше по сравнению с низкоорбитальными и составляет 12–15 лет.

Геостационарные спутниковые системы связи. Геостационарные спутники расположены на высоте 35 790 км, наклонение орбиты спутников – 0°, период обращения – 24 часа.

Технические характеристики спутниковых систем связи

Вид системы	Наименование системы	Число спутников в группировке	Число орбит	Высота орбиты, км	Наклонение орбиты	Диаметр подспутниковой зоны, км	Режимы работы	Число одновременно видимых спутников	Число зональных лучей	Диаметр зонального луча в подспут. зоне, км	Диапазон частот терминала, МГц.	Межспутниковая связь	Связь на северных широтах более 70°
Низкоорбитальные	ИРИДИУМ	66 рабочих, 6 резервных	6	780	86,4°	5000, $\beta = 5^\circ$	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	3-4	48	650	1616,0 - 1625,5	Есть	Да, в любое время
	РОСТЕЛЕСАТ	91	7	700	82°	5000	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	6-7	37	Нет данных	1900-2100	Нет	Да, в любое время
	ГЛОБАЛСТАР	48 рабочих, 4 резервных	8	1414	52°	6670, $\beta = 5^\circ$	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	2-3	16	1920	1610,0 - 1626,5 «вверх» 2483,5 - 2500,0 «вниз»	Нет	Да, в любое время
	СИГНАЛ	48	4	1500	74°	6500	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	2-3	1; 3; 6	Нет данных	300-400 1500-1600	Нет	Да, в любое время
	ОРБКОММ	48	3	785	45°-24 спут. 70°-8 спут. 108° и 0° - по 8 спут.	5200, $\beta = 5^\circ$	ФАКС, ДАННЫЕ (корот. сообщ.)	0,1-2	Нет	Нет	168 - 150 «вверх» 137-138 «вниз»	Нет	Да, по расписанию
	ГОНЕЦ	36	6	1500	82,5°	6500	ФАКС, ДАННЫЕ	0,1-2	Нет	Нет	200-300	Нет	Да, по расписанию
	TELEDESIC	288	12	Нет данных	Нет данных	Нет данных	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	15-18	Множество	50	28 600-29 100 «вверх» 18 800-19 300 «вниз»	Есть	Да, в любое время
	CELESTRI	63	7	1400	48°	6000	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ	3-4	Множество	Нет данных	28 600-29 100 29 500-30 000 «вверх» 18 800-19300 19700-20200 «вниз»	Есть	Да, в любое время
Среднеорбитальные	ОДИССЕЙ	12	3	10 354	50°	12 800, $\beta = 10^\circ$	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ (корот. сообщ.)	2-3	61 с переменной структурой	1500	1610,0-1626,5 «вверх» 2483,5-2500,0 «вниз»	Нет	Да, в любое время
	АЙКО	10 рабочих, 2 резервных	2	10 390	45°	12 890, $\beta = 10^\circ$	ТЛФ, ФАКС, ДАННЫЕ (корот. сообщ.)	2-4	163	813	1980 - 2010,5 вверх 2171,5-2200,0 вниз	Нет	Да, в любое время

Геостационарные спутниковые системы связи, построенные на геостационарных спутниках, обеспечивают двустороннюю связь в режимах ТЕЛЕФОН, ФАКС, ДАННЫЕ, работу в сети Интернет.

Хорошо известны глобальные системы на геостационарных спутниках: ИНМАРСАТ, ИНТЕРСПУТНИК; региональные системы: ТУРАЙА, EUTELSAT, INTELSAT, ARABSAT и др., а также множество геостационарных спутников, запущенных разными странами (Россия, США, Германия, Япония, Индия, Италия, Корея, Канада, Франция, Израиль, Турция и др.) [1].

На рис. 2 показаны спутники, запущенные Россией, но не указаны три спутника ЯМАЛ, которые введены компанией «Газпром». К концу 2020 г. группировка ЯМАЛ будет состоять из пяти спутников. Не указаны также три спут-

ника ЛУЧ для поддержки системы ГЛО-НАСС и ряд других спутников.

Такие рисунки могут быть построены для любой страны мира.

Общее число спутников всех стран на геостационарной орбите – более 200. По международному соглашению минимальный разнос по долготе между спутниками 1°, что соответствует разносу по расстоянию 734 км. Недостаток геостационарных спутниковых систем – невозможность связи на широтах более 70°.

При высоте геостационарного спутника 35 790, радиусе Земли 6378 км, на широте 70° угол места геостационарного спутника равен 10°, а на широте 62° – 20°. Для большинства терминалов, работающих по геостационарным спутниковым системам связи, минимальнодопустимая величина угла места спутника 10°, а для широкополосных терминалов – 20°.

На геостационарных спутниках последних поколений устанавливаются мощные солнечные батареи, апертура передающих и приемных антенн достигает 12 м и более.

С 1992 г. по 2008 г. сменилось три поколения спутников ИНМАРСАТ. Масса спутника ИНМАРСАТ возросла в 3,7 раза, излучаемая мощность – в 630 раз.

Подобные изменения претерпевают спутники и других систем.

С целью увеличения скорости передачи/приема данных наметился переход частот связи с L на Ku , Ka диапазоны. Широко используется метод формирования локальных зон на поверхности Земли, с территории которых возможна передача/прием данных с большой скоростью.

В продаже появились мобильные спутниковые телефоны для персональной связи абонентов. Качество разговора

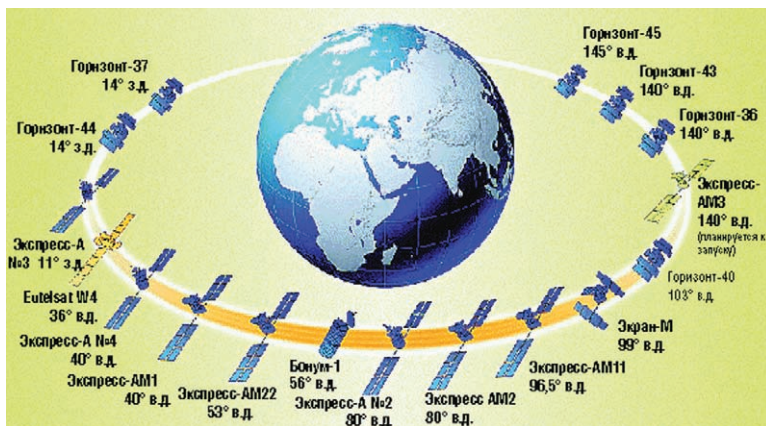


Рис. 2. Главенствующие отечественные геостационарные спутники связи ЭКСПРЕСС и ГОРИЗОНТ

не уступает качеству телефонов сотовой связи.

На рис. 3 приведены фотографии мобильных телефонов ИНМАРСАТ IsatPhone2 (GSPS2) и ТУРАЙА HNS-7101.

а)



б)



Рис. 3. Мобильные телефоны систем ИНМАРСАТ IsatPhone2 (GSPS2) (а) и ТУРАЙА HNS-7101 (б)

На рис. 4 для четвертого поколения ИНМАРСАТ-4 приведен внешний вид судового терминала FB-500 со скоростью передачи/приема данных 256/432 кбит/с.



Рис. 4. Судовой терминал ИНМАРСАТ FB-500

Для пятого поколения ИНМАРСАТ-5 судовые терминалы с диаметром антенн 0,7–1,0 м будут обеспечивать скорость передачи/приема данных 5/50 Мбит/с.

Высокоэллиптические спутниковые системы связи. Для создания систем спутниковой связи на широтах более 70° применяются группировки спутников на высокоэллиптических орбитах.

Орбитальная группировка из нескольких спутников на высокоэллиптической орбите при последовательном нахождении спутников в апогее способна имитировать геостационарный спутник, положение которого относительно Земли не меняется во времени.

В зависимости от параметров орбит продолжительность времени «зависания» спутника в апогее меняется. Поэтому требуется разное число спутников в орбитальной группировке, чтобы имитация неподвижного спутника была продолжительной во времени.

Географическая широта «зависания» высокоэллиптического спутника равна углу наклона орбиты спутника, долгота «зависания» выбирается при запуске спутника.

Необходимо три спутника в орбитальной группировке типа ТУНДРА, чтобы над поверхностью Земли непрерывно «висел» один спутник. Период обращения спутника – 24 часа. Время «зависания» одного спутника в течение суток составляет 8 часов.

В орбитальной группировке типа МОЛНИЯ (МЕРИДИАН) необходимое число спутников четыре, чтобы непрерывно имитировать геостационарный спутник. Период обращения спутника 12 часов. Время «зависания» одного спутника в течение суток – 6 часов.

На рис. 5 приведена орбита типа МОЛНИЯ с положением спутника через каждый час. Скорость перемещения спутника в апогее уменьшается примерно на порядок по сравнению со скоростью в перигее.

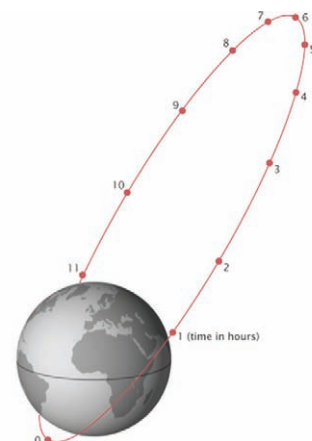


Рис. 5 Одна орбита спутника МОЛНИЯ

Особенность орбиты типа МОЛНИЯ заключается в «зависании» спутников в течение суток над двумя точками поверхности Земли, отстоящими друг от друга по долготе на 180°.

Орбитальные группировки из трех или четырех спутников с орбитами типов ТУНДРА или МОЛНИЯ способны решить задачу судовой спутниковой связи на широтах более 70°.

Группировка из четырех спутников типа МОЛНИЯ обеспечивает спутниковой связью два арктических региона: Северный морской путь и Северо-Западный путь. Для решения такой задачи необходимо развернуть две группировки спутников типа ТУНДРА по три спутника в группировке.

Орбита высокоэллиптического спутника типа МОЛНИЯ проходит через пояса ВАН-АЛЛЕНА, поэтому технический ресурс спутника составляет 10–12 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечная пропускная способность спутниковых систем связи привела к необходимости разработки не одной, а нескольких типов низкоорбитальных, среднеорбитальных, геостационарных и высокоэллиптических систем связи. Такие системы разрабатываются в разных странах мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин А. А., Маринич А. Н., Припотнюк А. В., Устинов Ю. М. Цифровые терминалы спутниковых систем связи. Справочное издание / Под общей ред. Ю. М. Устинова – СПб.: Деан, 2005. – 192 с.
2. Афанасьев В. В., Маринич А. Н., Припотнюк А. В., Устинов Ю. М. Судовые радионавигационные системы: учебник / Под ред. Ю. М. Устинова – М.: Проспект, 2010. – 192 с.
3. Устинов Ю. М., Припотнюк А. В., Маринич А. Н. Цифровые информационные потоки в судовых интегрированных системах навигации и системах связи // Вестник ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. – 2015. – № 2 (30). – С. 48–56. ■

Для обеспечения эффективной работы морского нефтегазового сооружения (МНГС) требуется соблюдение мер безопасности на всех этапах выполняемых операций, в том числе и грузовых. Снабжение платформ осуществляется судами, и их перемещение в непосредственной близости от платформ регламентируется правилами управляющей компании на месторождении. Требования, относящиеся к маневрированию в зоне безопасности, можно обобщить и, зная расположение объектов морского комплекса, на основании этой информации определить оптимизированный по времени маршрут выхода судна в рабочую позицию. В данной статье предложен такой метод.

Компании, управляющие морским месторождением, могут использовать рекомендации международных организаций и национальное законодательство для выработки мер безопасности. Они включают в себя требования к оборудованию судна системами динамического позиционирования (ДП), квалификации персонала, техническому состоянию ключевых судовых систем, резервированию на случай единичного отказа и т. д.

Маневр подхода к МНГС также может быть оговорен, следуя хорошей морской практике. В Европе в 2013 г. представителями морской промышленности был принят рекомендательный документ «Руководство по морским операциям» (Guidelines for Offshore Marine Operations, G-ОМО [2]). В нем излагаются стандарты работы судов снабжения при обслуживании МНГС. Важным в этом документе является требование двух остановок: сначала на границе пятисотметровой зоны безопасности и далее внутри нее перед выходом на рабочую позицию под краном платформы. Судно должно перейти в режим ДП на расстоянии полутора длин судна при подходе с подветренного борта и двух с половиной длин – с наветренного. Это позволяет удостовериться в возможности удержания позиции при воздействии внешних факторов и правильно их оценить. Извещения и руководства Международной организации морских подричников (ИМСА) подчеркивают необходимость ограничивать скорость при подходе к МНГС в зависимости от дистанции до объектов и приводят примеры ее допустимых значений [3, 4]. Эти требования возникли не случайно, за каждым из них стоят аварии и сотни часов простоя целых комплексов из-за столкновений судов с платформами. Неверная оценка внешних факторов и плохое планирование маневра могут вывести судно за допустимые пределы его эксплуатационных характеристик. Рассмотрим типичный сценарий развития аварийной ситуации. Судно снабже-

ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ПОДХОДА СУДОВ СНАБЖЕНИЯ К МОРСКИМ СООРУЖЕНИЯМ

*И.О. Маслов, инженер-судоводитель, аспирант
ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,
контакт. тел. +7(921) 357 9656*

ния малого тоннажа должно встать под кран с наветренного борта стационарной платформы. В акватории действует течение скоростью 1,5 уз, в два раза превышающее максимальную боковую скорость относительно воды, которую может развить судно за счет всех туннельных и азимутальных движителей. Допустив ошибку в оценке скорости и направлении течения, судоводитель принимает решение подходить к платформе курсом 350°. Таким образом, течение будет воздействовать на левый борт судна. Чтобы сэкономить время, экипаж также игнорирует рекомендуемую остановку за 2,5 длины корпуса. Оказавшись в непосредственной близости, судно не может снизить скорость. Дальнейшие действия экипажа направлены на то, чтобы отвести судно от МНГС, однако столкновение уже неизбежно. Схема столкновения изображена на рис. 1.

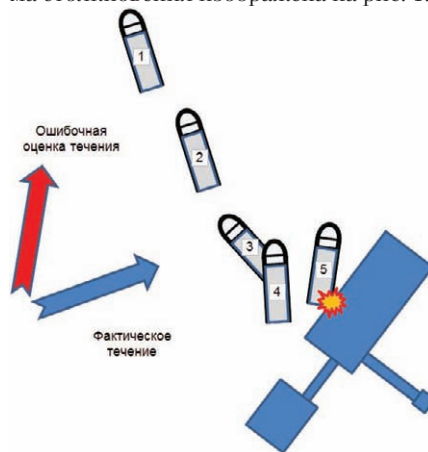


Рис. 1. Столкновение судна с МНГС

Такую аварию можно предотвратить, если экипаж будет внимательно соблюдать правила безопасности и руководствоваться хорошей морской практикой. Возможны также ситуации, когда давление на судоводителя со стороны представителей морского сооружения заставит его отступить от адекватной процедуры. Чтобы обосновать принятие решения и предоставить независимую объективную оценку возможного маневра, предлагается использовать автоматическую систему выбора оптимального маршрута подхода. При поиске траектории потребуется найти компромисс между наименьшими временными затратами на подход к платформе и минимальным нахождением в областях повышенной опасности.

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ К РАСЧЕТУ ТРАЕКТОРИИ

Задача решается в двумерном пространстве зоны безопасности МНГС (рис. 2). Чтобы соблюдать рекомендации [2], разделим его на зону сноса платформы течением (пурпурный цвет), область шириной $1,5L$ (оранжевый) и $2,5L$ (желтый) от сооружений, где L – длина судна. Границы этих областей позволят определить момент прекращения режимов управления судном и отвести маршрут от опасностей. Воспользуемся равноугольной поперечно-цилиндрической проекцией Меркатора, так как на ней минимальны искажения длин вблизи центрального меридиана, к тому же она общепризнана удобной для проведения геодезических работ. Ось ординат направим на север, а ось абсцисс – на восток. Такая локальная прямоугольная система координат позволяет легко перенести на нее координаты элементов морского комплекса, полученные в ходе гидрографической съемки. Площадь всей акватории разбивается на сетки Z размером $m \times n$ с одинаковым разрешением r по северу и востоку. Полученная сетка будет представлять собой топологически правильное замощение четырехугольниками [5], которое является изоморфным прямолинейному графу. В таком графе мы сможем найти длины ребер и из них построить кратчайшую траекторию. Каждую характерную область в этой акватории задаем полигонами, а после rasterизуем их на отдельных сетках Z . Каждой ячейке присваиваем логическое значение «истина», если соответствующая точка векторного отображения принадлежала характерной области, и «ложь» – если нет. Подобное представление экономит ресурсы памяти компьютера. В результате получим следующие бинарные матрицы одного размера: Z_{500m} – 500-метровая зона, $Z_{1,5L}$ – область 1,5 длин, $Z_{2,5L}$ – область 2,5 длин, Z_{Obstn} – области всех препятствий, $Z_{WeatherSide}$ – наветренная область. Построение последней зависит от оценки течения, выполненной на границе 500-метровой зоны.

Используя линейную комбинацию бинарных матриц Z , можно присвоить штрафной вес каждой ячейке сетки $m \times n$ в зависимости от опасности нахождения судна в характерной области. Та-

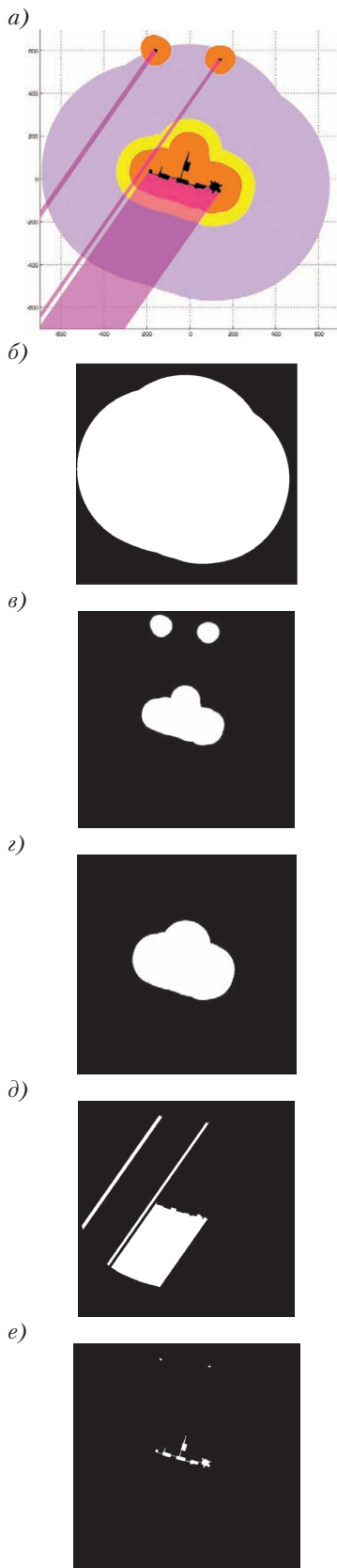


Рис. 2. Области вокруг МНГС: а – общий вид; б – Z_{500m} ; в – $Z_{1,5L}$; г – $Z_{2,5L}$; д – $Z_{WeatherSide}$; е – Z_{Obstn}

кую сетку можно далее преобразовать в граф, задав правило перехода между ячейками. Однако полученная матрица смежности будет иметь mn^2 чисел с плавающей запятой в качестве элементов. Для того чтобы ускорить расчет, количес-

тво вершин следует уменьшить укрупнением сетки в k раз. Уменьшение времени решения при увеличении шага одновременно приведет и к увеличению погрешности. Поэтому разумно ввести ограничения пропорционально размеру судна, например, четверти его длины. На сетке Z в ходе экспериментов r брали равным 0,5 м и укрупняли в 30 раз до 15 м. После этого будем идти построчно и, выбирая блоки размера $rk \times rk$, подсчитаем сумму с учетом весов p , отражающих опасность нахождения в каждой из Z областей. Чем ближе к МНГС, тем вес больше, и скорость движения на таком участке, должна быть меньше. Удобно выбрать штраф p_z как функцию от максимально допустимой скорости $|\bar{v}_R|$ в заданной области:

$$p_z = (|\bar{v}_R|)^{-1},$$

поэтому $p_{1,5L} > p_{2,5L} > p_{WeatherSide}$

В данном алгоритме получаем матрицу весов W размером $n/k = M$ на $m/k = N$ с элементами по формуле

$$W_{i+1,j+1} = \sum_{a=R+1}^{(i+1)k} \sum_{b=R+1}^{(j+1)k} \begin{pmatrix} p_1 Z_1(a,b) + \\ + p_2 Z_2(a,b) + \dots \\ \dots + p_l Z_l(a,b) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Здесь i и j – слагаемые индексов строк и столбцов соответственно в матрице весов, изначально они равны нулю, l – общее количество бинарных матриц (в данном случае их 5, матрица Z_{Obstn} исключена).

Таким образом, мы получим вес каждой укрупненной ячейки как сумму весов всех содержащихся в ней элементов областей Z , далее его можно нормировать, поделив на максимально возможное значение

$$W_{max} = \left(p_{1,5m} + p_{2,5m} + p_{WeatherSide} + \right. \\ \left. + p_{in500m} + p_{out500m} \right) k^2. \quad (2)$$

В результате мы заменили rasterized изображение акватории сеткой вершин с соответствующими штрафами (рис. 3).

Построим на сетке W граф и найдем матрицу смежности. Соединим вершины в 8 направлениях с шагом 45° от направления на север, что соответствует ячейке сверху. Двигаясь построчно, проверим существование смежных ячеек и определим вес ребра, равный 1 для перемещения вверх, вниз, вправо, влево и 1,4 – по диагоналям, как квадратный корень из двух, так можно учитывать расстояние. Смежные ячейки будут отсутствовать, если мы находимся на границе рассматриваемого района или если в ячейке оказались препятствия из Z_{Obstn} . Вес ребра между инцидентными вершинами умножим на наибольший вес из соответствующих этим вершинам элементов W . В результате штраф за прохождение запрещенных зон будет равен времени прохождения ребра на максимально допустимой скорости. Та-

ким образом, поиск кратчайшего пути на этом графе превращается в задачу поиска маршрута оптимального по времени.

Получим разреженную матрицу смежности размером MN^2 , при этом каждая вершина имеет не более 8 инцидентных соседей. Зная начальный и конечный узлы взвешенного ненаправленного графа, выбираем оптимальный маршрут методом Дейкстры [1] и находим оптимальное решение за $O(|V| \lg |V| + |E|)$ операций, где V – количество вершин и E – количество ребер графа. Его использование более оправданно по сравнению с его модификациями, такими как, например, A^* , потому что для него доказана оптимальность по принципу Беллмана, а применение эвристических функций A^* может повысить скорость алгоритма в ущерб его универсальности. Благодаря тому, что мы рассматривали связь каждого узла только с восемью соседними, удалось разрядить полученный граф и добиться высокой скорости вычислений, однако полученная ломаная (рис. 4) имеет участки, легко сводящиеся к прямым.

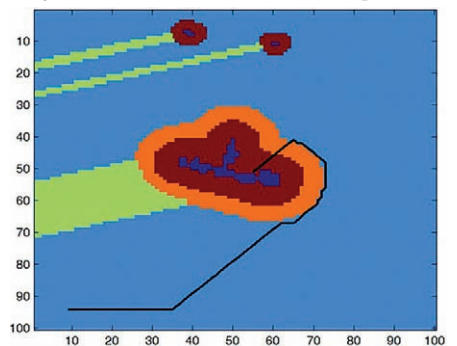


Рис. 3. Сетка штрафов W и траектория методом Дейкстры

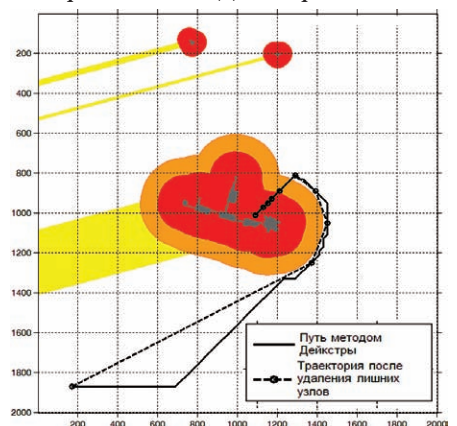


Рис. 4. Траектория после удаления лишних узлов

Устраним лишние узлы там, где заменяющая прямая линия не сталкивается с препятствиями. Пусть найденный кратчайший маршрут на графе G укрупненной сетки Z размером $m \times n$, которые содержат rasterized области вокруг платформ. Далее возьмем три первых элемента последовательности D , если можно провести прямую линию из D_1 в D_3 , не задев запретные области,

то вершина D_2 будет лишней. Возьмем теперь D_1 и D_4 , проверим, можем ли убрать D_3 . При обнаружении возможного столкновения, возьмем из трех элементов предпоследний и начнем процедуру с него, т. е. рассмотрим тройку D_3 и D_5 , и попытаемся удалить D_4 . Столкновения выявляем приближенным методом с использованием алгоритма Брезенхама для растеризации прямых линий в машинной графике. На логический массив препятствий Z размером $n \times m$ наносится растеризованная прямая, каждому ее псевдопикселю будет соответствовать элемент Z , принимающий логическое значение отсутствия препятствий – «ложь». Если после нанесения такой прямой массив Z изменился, т. е. прямая пересекает запретную зону, то столкновение обнаружено. Этот простой способ работает с бинарными массивами, экономит оперативную память и ускоряет вычисления.

Если столкновение обнаружено, то укорачивающее ребро не проводится. По мере продвижения в глубь зоны безопасности к платформе необходимо менять препятствия, так, при рассмотрении ребер в $Z_{2,5L}$ препятствием будет область $Z_{1,5L}$, для ребер в $Z_{1,5L} - Z_{Обст}$.

Полученный маршрут D^* будет короче исходного маршрута Дейкстры, если была проведена хотя бы одна линия, заменяющая ломаную прямой. Если таких линий проведено не было, то полученный путь будет равен первоначальному. Сложность этого алгоритма будет определяться количеством вершин маршрута Дейкстры. Если граф имеет n вершин, то цикл необходимо будет повторить $n-1$ раз.

УЧЕТ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО КУРСУ И СКОРОСТИ

Безопасное следование по маршруту D^* предполагает соблюдение базовых правил, изложенных в [2–4]. Для каждого отрезка маршрута нужно выбрать курс и скорость. Рассмотрим случаи выхода в рабочую позицию с наветренного и подветренного бортов МНГС на рис. 5, а и б. На скорости 3 уз и более теряется эффективность туннельных подруливающих устройств, поэтому ограничим верхний предел скорости на участке от $Z_{1,5L}$ или $Z_{2,5L}$ до 500 м этой величиной.

При выборе курса на каждом сегменте маршрута отталкиваемся от финального курса в рабочей позиции, который может зависеть от расположения груза на палубе, длины стрелы крана МНГС, течения и ветра. Ключевым здесь является решение стоять носом на течение или кормой, так как при маневрировании при подходе с наветренного борта важно исключить изменения курса, приводящие равнодействующую ветра, и течения на траверз. Зная конечный курс, можем обратным ходом найти остальные.

а)

Ограничения скорости	Курс	Режим движения
Менее 0.6 уз	Фиксирован и равен финальному рабочему курсу	Полноприводный / ДП
Менее 3.0 уз	Без ограничений, здесь должен быть совершен выход на первый курс следующего этапа	Малоприводный
Без ограничений	Без ограничений	



б)

Ограничения скорости	Курс	Режим движения
Менее 0.6 уз	Фиксирован и равен финальному рабочему курсу	Полноприводный / ДП
Менее 1.0 уз	Курс ограничен направлением течения $\beta \pm \alpha \pm 180^\circ$ (в зависимости от финального курса), исключается разворот бортом к течению	Малоприводный
Менее 3.0 уз	Без ограничений, здесь должен быть совершен выход на первый курс следующего этапа	
Без ограничений	Без ограничений	

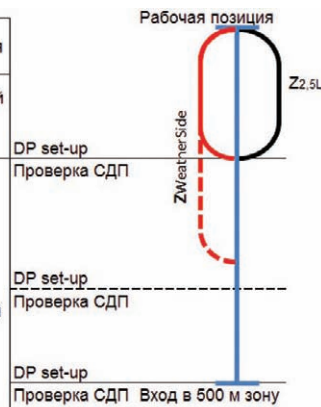


Рис. 5. Схема подхода судна к платформе: а – с подветренной стороны; б – с наветренной стороны

Для того чтобы убедиться в способности судна удерживать позицию и получить более точную оценку течения, требуется остановить судно и проверить в работе систему ДП (СДП). G-ОМО рекомендует проверить СДП на границе 500 м, $Z_{1,5L}$ с подветренного и $Z_{2,5L}$ – с наветренного бортов МНГС, а также не доходя до зоны сноса на платформу, если рабочая позиция находится внутри зоны опасного сноса ветром и течением.

Несмотря на то, что за пределами 500-метровой зоны отсутствуют установленные скоростные отграничения, у каждого судна есть собственная максимальная скорость в маневренном режиме, которую необходимо использовать для расчета штрафа.

Существующие рекомендательные документы не оговаривают выбор курса судна за исключением того, что не желательно идти носом на платформу [2] на финальном этапе подхода. Предлагаем ниже дополнительное ограничение, повышающее безопасность маневра для ситуаций, когда скорость течения превышает максимальную скорость бокового смещения судна относительно воды. Ограничения оправданы в наветренной части 500-метровой зоны. Поскольку наибольшая скорость бокового перемещения относительно воды всегда меньше продольной в силу геометрии корпуса, можно говорить о судне как о малоприводном объекте управления [4]. Ограничим угол α между диаметральной плоскостью судна и направлением течения

β до 10° , оставляя запас по управлению курсом при реализации плавания по программной траектории в случае отклонения. Так судно не окажется в ситуации, когда на малых скоростях будет потеряно управление из-за слабого упора поперечных движителей. Быстро повернув нос по течению или против него, удастся погасить скорость за минимально короткий срок даже при их отказе.

В итоге получаем маршрут, разбитый на сегменты с заданным скоростным режимом и курсом в зависимости от действующих предписаний.

ОГРАНИЧЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ В НАВЕТРЕННОЙ ОБЛАСТИ

Если курсы в наветренной области не уложились в промежуток $\beta \pm \alpha \pm 180^\circ$, то следует рассмотреть возможность замены таких сегментов маршрута. Полученную траекторию минимальной длины следует постараться изменить так, чтобы судно двигалось, не поворачиваясь бортом к течению в наветренной части зоны безопасности. Зная допустимые пределы $|\vec{v}_R|$ абсолютной скорости $\vec{v}_{абс}$ на этом отрезке маршрута, ограничения по отклонению от направления действующего течения α и его скорость $\vec{v}_{теч}$, можно обобщить это в фигуре на рис. 6.

Вектор скорости судна относительно воды $\vec{v}_{отн}$ однозначно определяется из треугольника скоростей. Те отрезки траектории, на которых возможно движение с максимальной по модулю скоростью, не требуют замены, осталь-

ные можно разложить на сумму последовательных перемещений в направлениях обеспечивающих максимальную скорость. При этом нужно исключить столкновения траекторий с сооружениями и с прилегающей к ним областью. Отрезки с направлением в пределах угла $\angle BOC$, раскладывают на сумму OB и OC . В пределах угла $\angle AOD$ – на AO и OD . Если направления из одного сектора идут подряд, то заменяют их векторную сумму. Недопустимо последовательное соединение разложений с отклонением на разноименный борт подобно следованию «галсами», потому как это заведомо неэффективно и идет в разрез с хорошей морской практикой плавных траекторий.

При выявлении возможности столкновения потребуется изменить траекторию так, чтобы обогнуть препятствие. Вокруг внешних объектов можно построить граф G_{ca} из пересечений: 1) касательных к препятствиям из рассматриваемой пары узлов; 2) отрезков в направлении максимальных скоростей; 3) отрезков, которые параллельны исходным отрезками кратчайшего пути или их векторной сумме. Поиск столкновений удобно выполнять на логическом массиве rasterизованной акватории, но для нахождения касательных потребуется снова обратиться к полигональному представлению препятствий. Далее задача обхода снова решается методом Дейкстры ввиду малости полученного графа G_{ca} .

В итоге часть отрезков пути в наветренной области будет разложена на группу малоприводных сегментов, а другая останется неизменной, на таких участках траектории придется активно использовать движители, создающие боковой упор и перемещение будет полноприводным. Определив из фигуры скорости (рис. 6) максимальное значение на каждом сегменте маршрута, мы можем сравнить с исходной траекторией (рис. 7) и оценить выигрыш.

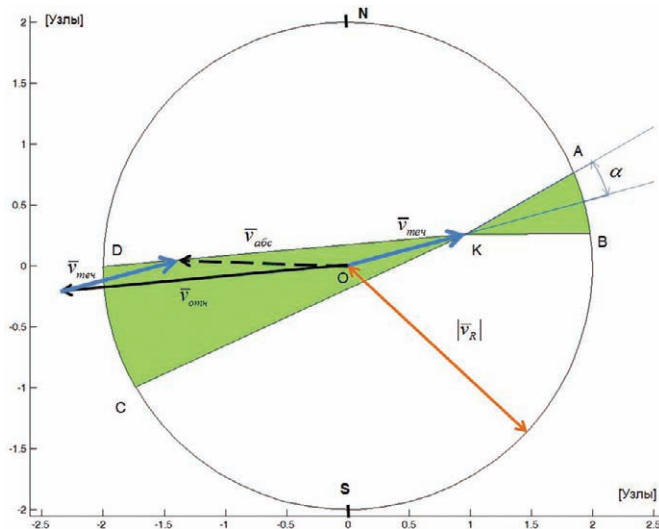


Рис. 6. Множество допустимых векторов абсолютной скорости судна

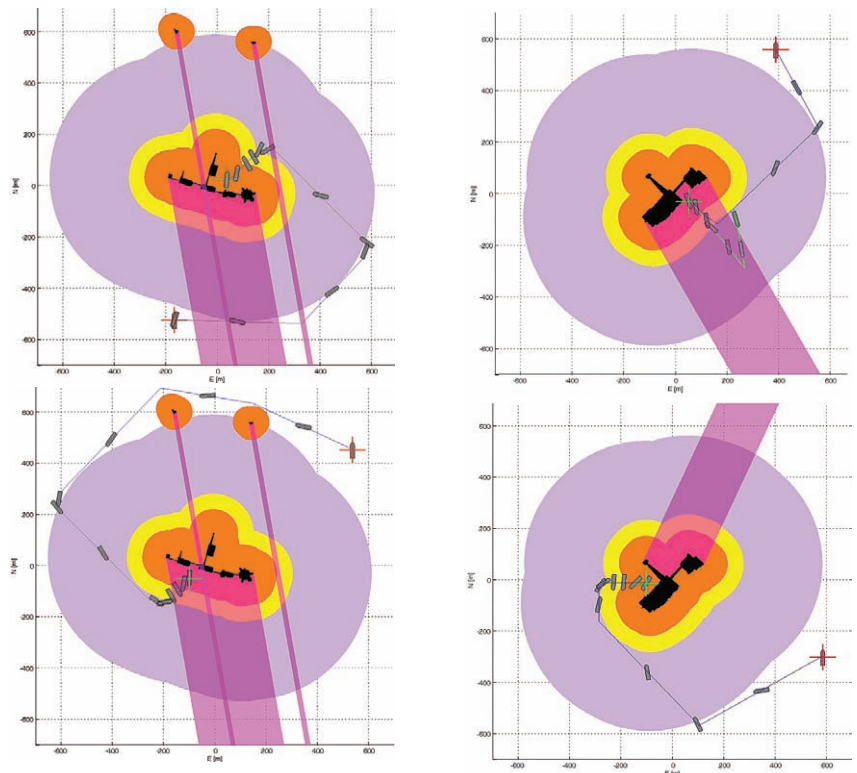


Рис. 7. Полученные траектории

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная траектория готова для использования с оптимальным контроллером движения на малоприводных участках с управлением по двум каналам курса и продольной скорости [6], на полноприводных – по трем, включая боковое перемещение, что соответствует ДП на малых скоростях. Алгоритм построения маршрута позволяет учитывать существующие требования, включая предложенное ограничение курса на наветренной стороне. Современные картографические системы предоставляют векторные планы месторождений с высокой точностью. Зная расположение препятствий, можно планировать маршрут подхода с учетом опасности пребывания в различных областях заданной акватории. Объединение

системы ДП и картографической системы позволило бы реализовать маневр подхода в полностью автоматическом режиме. Но для этого следует решить ряд дополнительных проблем: движение на непостоянном течении требует сбора информации о нем, для этого необходим рекурсивный фильтр-наблюдатель и пересчет траектории в режиме реального времени; оптимальное управление при совершении сильного маневра, например, при переходе с путевого угла в направлении отрезка CO на BO , с DO на AO ; учет препятствий обладающих собственной динамикой, включая другие суда и дрейфующие объекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lavalle S. Planning algorithms. – Cambridge-Univ.Press, 2006. – 793 p.
2. Guidelines for Offshore Marine Operations. Revision: 0611–1401. <http://www.g-omo.info/wp-content/uploads/2016/06/201311-GO-MOfinal.pdf>, 2013. – 64 p.
3. Guidance on Operational Activity Planning. IMCA M 220. International Marine Contractors Association. www.imca-int.com, 2012. – 10 p.
4. International Guidelines for the Safe Operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels. IMCA 182 MSF Rev. 2 International Marine Contractors Association, www.imca-int.com, 2015. – 46 p.
5. Коннов В. В., Клековкин Г. А., Коннова Л. П. Геометрическая теория графов. – М.: Народное образование, 1999. – 164 с.
6. Fossen T. I., Brevik M., Skjetne R. Line-Of-Sight Path Following Of Underactuated Marine Craft. Line-of-sight path following of underactuated marine craft. – Proceedings of the 6th IFAC MCMC, Girona, Spain. – 244–249 p. ■

После окончания Второй мировой войны бывшие союзники окончательно разделились на два враждующих лагеря, что послужило началом «холодной войны» и спровоцировало гонку вооружений. Советский военно-морской флот как составная часть вооруженных сил активно обновлялся. Напряженно работали научные, проектные и судостроительные предприятия, обеспечивая разработку и поставку новейших типов боевых надводных кораблей, атомных подводных лодок. Именно в этот период появились принципиально новые корабли, такие как первые в мире ракетные катера пр. 183Р и пр. 205, спроектированные Центральным конструкторским бюро № 5 (ныне – АО «ЦМКБ «Алмаз»).

К ПОЛУВЕКОВОМУ ЮБИЛЕЮ СОЗДАНИЯ МРК ПРОЕКТА «ОВОД»

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

В 1966 г. бюро завершило разработку проекта катера, но после его рассмотрения Главнокомандующий Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков, предложил увеличить количество ПКР до шести, что и было реализовано в окончательном проекте.

Попытки разместить на катере газотурбинную установку не увенчались успехом, и было принято решение при-

ден новый класс – «малые ракетные корабли», и, таким образом, пр. 1234 был переведен из класса ракетных катеров в класс малых ракетных кораблей (МРК).

Тактико-технические данные МРК пр. 1234

Водоизмещение, т:	
– стандартное	600
– полное	700
Длина, м:	
– наибольшая	59,3
– по КВЛ	54,9
Ширина наибольшая, м	11,8
Осадка по корпусу, м	2,4
Силовая установка:	
..... 3 дизеля М-507 А по 10 000 л. с.,	
..... 3 винта ФШ, 2 руля	
Электроэнергетическая	
система:	2 ДГ по 300 кВт и
.....	1 ДГ на 100 кВт,
Скорость хода, уз:	
– полная	35
– экономическая	12
– боевая экономическая	18
Дальность	
плавания, мили:	1600 при 18 уз
.....	4000 при 12 уз
Мореходность, баллы	5
Автономность, сут	10
Вооружение:	
– артиллерийское	1× 57-мм автомат
.....	АК-725
– ракетное	6×ПКР П-120 «Малахит»
– зенитно-ракетное	1×ЗРК «Оса-М»
– радиоэлектронной борьбы	2 ПУ ПК-16,
.....	РЛС РТР МРП-11-12 «Залив»
– радиотехническое	1 РЛК «Титанит»
.....	НРЛС «Дон»
Экипаж, чел.	60
.....	(9 офицеров, 14 мичманов)



МРК пр. 1234

Они строились большими сериями и успешно эксплуатировались, в том числе и за рубежом. Однако эти первые ракетные катера имели существенные недостатки: обладали недостаточной мореходностью, малой дальностью плавания и автономностью, имели очень слабую самозащиту, а установленные на катерах ПКР П-15 «Термит» с ракетным двигателем, использующим токсичное жидкое топливо, требовали сложного ухода и имели малую дальность действия.

Флоту требовался небольшой, но мореходный корабль, с более дальнбойными, чем у первых катеров, ракетами, с радиотехническими средствами, обеспечивающими целеуказание на полную дальность стрельбы ПКР, с усиленным артиллерийским и зенитным вооружением.

Техническое задание на проектирование нового катера было выдано 17 августа 1965 г. конструкторскому бюро «Алмаз». Главным конструктором был назначен И. П. Пегов. Катер получил номер проекта 1234, шифр «Овод».

Согласно ТТЗ катер должен был нести четыре ПКР П-120 «Малахит», радиолокационный комплекс целеуказания ракетному оружию «Титанит», средства радиоэлектронной борьбы, зенитно-ракетный комплекс «Оса-М» и 57-мм артиллерийскую установку АК-725 с РЛС управления «Барс».

менить дизельную главную энергетическую установку, состоящую из трех двигателей М-507 мощностью по 10 000 л. с. каждый. Двигатель М-507 представляет собой два двигателя М-504, работающих через объединяющую реверс-редукторную передачу на один гребной вал.

В период проектирования водоизмещение катера возросло до 600, а затем, в окончательном проекте, до 670–700 т. Так как корабль водоизмещением более 500 т уже не соответствовал понятию «катер», по результатам рассмотрения проекта главноком ВМФ был утверж-

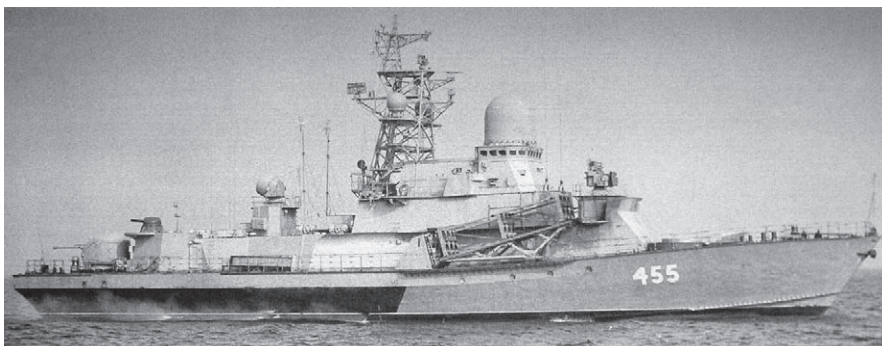
В соответствии с ТТЗ пр. 1234 предназначен для борьбы с боевыми надводными кораблями и судами противника на закрытых морях и в ближней морс-



Пуск ПКР «Малахит»



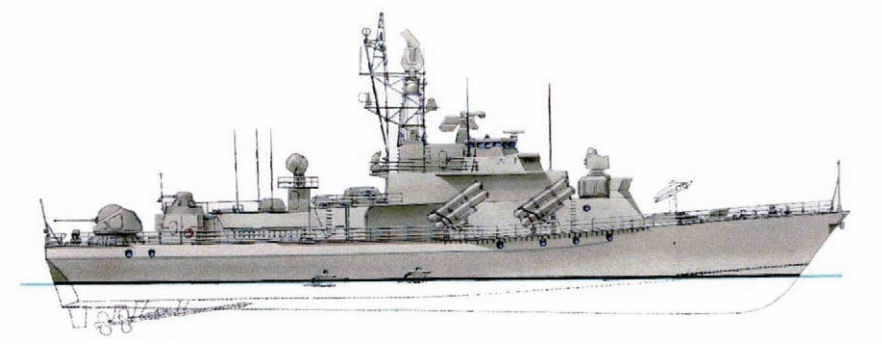
MPK пр. 12341



MPK пр. 12347



MPK пр. 1234Э



MPK пр. 1234ЭМ

кой зоне, уничтожения десантных группировок неприятеля. Это обеспечивалось высокими характеристиками ПКР П-120 «Малахит» с дальностью стрельбы 120–150 км, мощной БЧ (840 кг), наличием двухканальной системы наведения и высокой помехозащищенностью.

Всего построено на Ленинградском Приморском заводе и Владивостокском судостроительном заводе с 1970 по 1982 г. – 17 ед.

Надо отметить, что МРК пр. 1234 стал базовым для разработки различных модификаций: пр. 12341, 1234Э,

1234ЭМ, 12347. Главные размерения и основные корабельные системы и устройства этих проектов кораблей в основном оставались неизменными, менялись только системы оружия и вооружения. Так в модернизированном в 1974 г. пр. 12341 было усилено артиллерийское вооружение путем замены АУ АК-725 калибра 57-мм на АУ АК-176 калибра 76-мм и дополнения 30-мм артустановки АК-630, обе артустановки управлялись РЛС МР-123/176 «Вымпел», также была заменена часть других радиотехнических

средств. Всего построено с 1978 по 1992 г. – 19 ед.

На кораблях пр. 12347, предназначенном для проведения испытаний нового комплекса УРО, вместо ракетного комплекса «Малахит» и РЛК «Титанит» был установлен комплекс УРО, состоящий из 12 ПКР «Ониск» и системы целеуказания «Монолит».

На кораблях пр. 1234Э, предназначенных для поставки на экспорт, были выполнены более значительные изменения в составе вооружения. Вместо комплекса «Малахит» установили экспортную модификацию комплекса УРО «Термит» – комплекс П-20, с уменьшенным количеством ракет (вместо шести стало четыре). Изменения претерпел и состав радиотехнического вооружения. Вместо РЛК «Титанит» установили активную РЛС «Рангоут», часть другого оборудования принято в экспортном исполнении. По пр. 1234Э на Ленинградском Приморском заводе было построено 10 МРК – для ВМС Индии и Алжира – по три, Ливии – четыре.

В середине 90-х гг. XXI в. ВМС Алжира обратились к российской стороне с просьбой выполнить ремонт и модернизацию МРК, ранее поставленных ему. Эту работу поручили ЦМКБ «Алмаз». В результате был разработан пр. 1234ЭМ, в котором комплекс УРО П-20 был заменен на комплекс «Уран-Э» (16 ПКР, размещенных на четырех ПУ). РЛС целеуказания «Рангоут» была заменена на РЛК «Гарпун-Э». Кроме того, были заменены и установлены другие более современные радиоэлектронные системы.

В МРК проектов 1234 И 12341 идеально сочетались небольшое водоизмещение, высокая скорость и дальность плавания, огромная ударная мощь и малая стоимость. «Эти МРК – пистолет у виска империализма» – так охарактеризовал их Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков. В процессе строительства корабли распределялись по всем флотам и эффективно несли службу. Начиная с 1973 г., МРК Черноморского флота регулярно несли боевую службу в Средиземном море. Их присутствие со столь мощным ударным потенциалом заставило командование 6-го флота ВМС США пересмотреть концепцию обороны авианосных ударных групп и выделять силы и средства для их обнаружения и слежения.

Малые ракетные корабли проектов 1234 и 12341 оказались очень удачными кораблями для своего времени и стали родоначальниками нового подкласса ракетных кораблей, что позволило ВМФ СССР без существенных затрат повысить свою боевую мощь.

В настоящее время в составе ВМФ России осталось 12 МРК пр. 12341, еще 3 МРК пр. 1234ЭМ находятся в составе ВМС Алжира. ■

Владимир Александрович Никитин родился 28 октября 1894 г. в Петербурге в дворянской семье. Все поколения Никитиных, начиная с XVIII столетия, служили в артиллерии, отец и дед дослужились до генеральского звания.

Владимир Александрович после окончания кадетского корпуса поступил в Михайловское артиллерийское училище в Петербурге и в июле 1914 г. окончил курс обучения, произведен в подпоручики артиллерии. Началась фронтовая жизнь молодого офицера – командира огневого взвода. В ноябре 1914 г. Никитин получил первое серьезное ранение, после госпиталя – снова фронт, участие в знаменитом Брусилловском прорыве. В начале октября 1917 г. назначается командиром батареи, а после революции солдаты выбирают его своим командиром. В последующие годы Владимир Александрович воюет против Врангеля, участвует в боях под Никоподем, Херсоном и Скадовском в штурме Сиваша и Перекопских позиций, в занятии Симферополя, Севастополя, Феодосии и Керчи. Из Крыма Никитина командируют в Петроград для поступления в Артиллерийскую академию, но, добравшись до Петрограда, узнает, что прием уже закончился. Не желая терять год, он подает документы в Политехнический институт на кораблестроительный факультет, который успешно заканчивает в июне 1925 г.

В том же году по приглашению дирекции «Северной судостроительной верфи» В.А. Никитин начинает свою работу в технической конторе этого завода (СТК).

В связи с решением Правительства СССР о развитии ВМФ в СТК «Северной верфи» был создан подотдел военного судостроения, который он и возглавил.

Когда в конце 1926 г. «Северная верфь» получила заказ на проектирование и строительство новых сторожевых кораблей, дирекция предложила В.А. Никитину руководить разработкой этого проекта, который получил номер 2. Владимир Александрович лично проанализировал ТТЭ, сам выполнил расчеты плавучести и остойчивости, весовой нагрузки, общей прочности и непотопляемости, расчет бокового спуска.

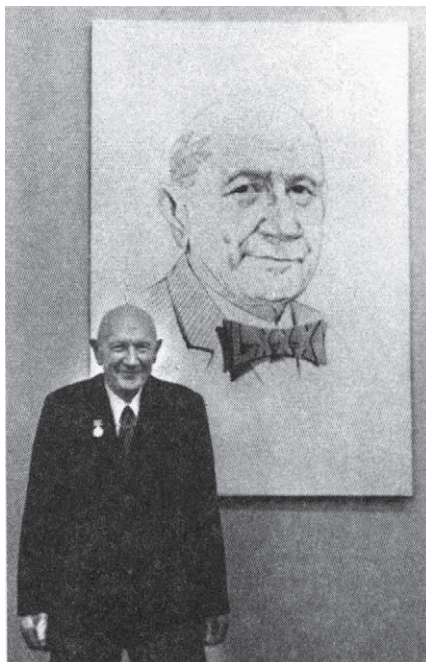
Строительство этих кораблей велось на трех заводах страны: «Северной верфи» в Ленинграде, на заводе им. Марти в Николаеве и на Дальзаводе во Владивостоке. Все 18 кораблей этого проекта во время Великой Отечественной войны активно участвовали на четырех морских театрах военных действий.

Второй крупной работой В.А. Никитина было руководство проектированием и строительством на «Северной верфи» боевых кораблей нового типа ЭМ

ВЫДАЮЩИЙСЯ КОНСТРУКТОР-КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ, УЧЕНЫЙ И ПАТРИОТ В.А. НИКИТИН

В.Е. Юхнин, д-р техн. наук, проф.,

*советник ген. директора АО «Северное проектно-конструкторское бюро»,
контакт. тел. (812) 784 7674, 936 7132*



типа «Ленинград» (пр. 1) и «Минск» (пр. 38). В Ленинграде и Николаеве было построено шесть кораблей этих типов, все они успешно действовали в ходе Великой Отечественной войны.

В 1931–1935 гг. Владимир Александрович практически непрерывно работал в Италии на фирме «Ансальдо», где строились корабли для СССР, в частности крейсер «Киров» (пр. 26).

С началом 30-х гг. совпала дальнейшая реорганизация системы проектирования в отечественном судостроении. В составе «Судопроекта» было образовано «Бюро специального проектирования» (БСП), куда перевели большую часть инженеров и конструкторов-чертежников из технических контор «Северной верфи». Вскоре БСП выделили из «Судопроекта» и создали самостоятельное Центральное конструкторское бюро спецсудостроения (ЦКБС, с 1932 г. – ЦКБС-1). Первым начальником его стал Я.Л. Саук, а главным инженером В.А. Никитин.

Техническое проектирование и разработку чертежей новых лидеров Все-союзное объединение «Союзверфь» поручило вновь созданному ЦКБС, где в конце 1930 г. была закончена разработка технического проекта первой серии кораблей. Владимир Александрович и конструкторы внесли в проект лидера много новых идей, стремились дать

флоту самый совершенный корабль в мире. Только для выбора оптимальных обводов корпуса и отработки теоретического чертежа в опытовом бассейне было испытано около 100 моделей. Суммарная мощность трехвальной механической установки составляла 66 000 л.с., что превышало мощность Волховской ГЭС. Для увеличения скорости хода на выходе из корпуса концов гребных валов предусмотрели специальные выкружки, в обиходе называемые штанами.

В результате «Ленинград» мог развить скорость в 43 уз, а «Москва» – 43,6 уз. Принятые в проекте 130-мм орудия главного калибра имели дальность стрельбы на 8 км, а вес снаряда на 5,5 кг больше, чем немецкие пушки такого же калибра периода Великой Отечественной войны.

Лидеры первой серии (пр. 1) было построено три: «Ленинград», «Москва» и «Харьков». Лидеры второй серии (пр. 38) было также три: «Минск», «Киев» и «Тбилиси». Все шесть лидеров успешно действовали в ходе Великой Отечественной войны.

В декабре 1931 г. В.А. Никитина переводят в состав правления «Союзверфи» в качестве руководителя проектно-конструкторской и научной службы всего объединения. В июле–августе следующего года он в комиссии ВМФ и «Союзверфи» направляется в Италию для ознакомления с судостроительными фирмами и размещения заказа на механическую установку суммарной мощностью 100–120 тыс. л.с для будущего советского крейсера. Спустя около трех месяцев его снова посылают в Германию в составе комиссии ВМФ, а затем в Италию для подготовки договора на указанную выше поставку и возвращается только в январе 1933 г. В конце мая того же года ему опять пришлось ехать в Италию для согласования с заводом фирмы «Ансальдо» договоров на новые поставки.

По ходу этих трех командировок Владимир Александрович пришел к твердому убеждению, что работа в правлении «Союзверфи» – не его призвание, и обратился к председателю этого объединения Кондратьеву с просьбой о возвращении на конструкторскую работу. В августе 1933 г. был подписан приказ о его назначении главным инженером ЦКБС-1.

Основные ТТЭ эсминцев пр. 7 и пр. 7У

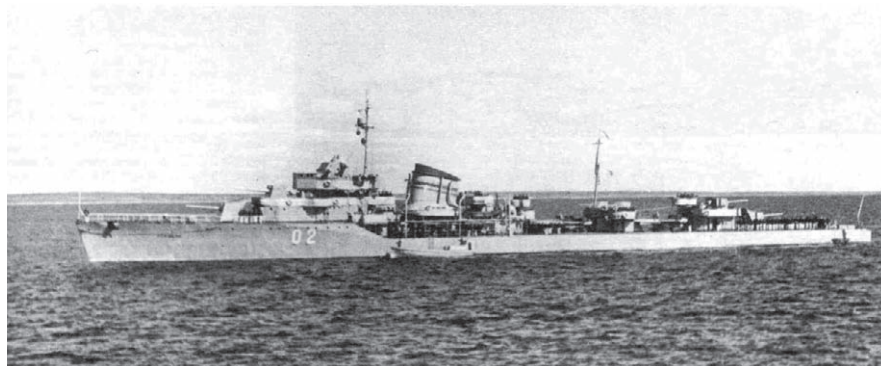
Характеристика	Проект 7	Проект 7У
Водоизмещение, т:		
стандартное	1540	1727
нормальное	1700	2002
полное	2070	2279
Размеры, м:		
длина наибольшая	109,0 (112,8)	109,0 (112,8)
ширина	10,2	10,2
Осадка наибольшая	4,8	3,93
Скорость полного хода, уз	38,3	38,2
Дальность плавания, мили (уз)	2750 (20)	2700 (19)
Запас топлива, т	535	503
Тип ГЭУ, мощность, л.с.	Паротурбинная, 48 000	Паротурбинная, 54 100
Вооружение:		
артиллерийское	4×1 – 130-мм АУ; 2×1 – 76-мм зен.АУ; 2×1 – 45-мм зен.АУ, в пр.7У – 3×1 – 45-мм зен.АУ; 4 – 12,7-мм пул. В дальнейшем устанавливались 3×1 – 37-мм зен.АУ импортные пулеметы калибром 12,7-мм	
торпедное	2×3 – 533-мм ТА	
противолодочное	В 1943–1944 г. установлено 2 бомбомета БМБ-1	
мины	88 (обр.1912 г.) или 60 (обр.1926 г.) или 56 КБ	
Экипаж, чел.	236	267

В бюро Владимир Александрович сразу же подключился к работам над проектом нового эскадренного миноносца (пр. 7), которые были развернуты во всех подразделениях бюро. Он вошел в ход проектирования корабля и быстро стал ее руководителем, постоянно отстаивая вариант с эшелонным расположением главных механизмов и котлов. Однако заказчик, основываясь на меньшем водоизмещении корабля при линейном расположении механизмов, утвердил именно этот вариант. При ограниченном водоизмещении на новом эсминце предусматривалась установка четырех щитовых 130-мм палубных артиллерийских установок Б-13, одной спаренной установки 76,2-мм зенитных орудий, двух 45-мм полуавтоматов и двух трехтрубных 533-мм торпедных аппаратов. Механическая установка состояла из двух ГТЗА мощностью по 24 000 л.с. и трех водотрубных котлов, обеспечивающая эсминцу полную скорость 38 уз и дальность плавания экономическим ходом 3000 миль. Главные размерения корабля – 109×10,2×3,8 м. Личный состав насчитывал 185 человек.

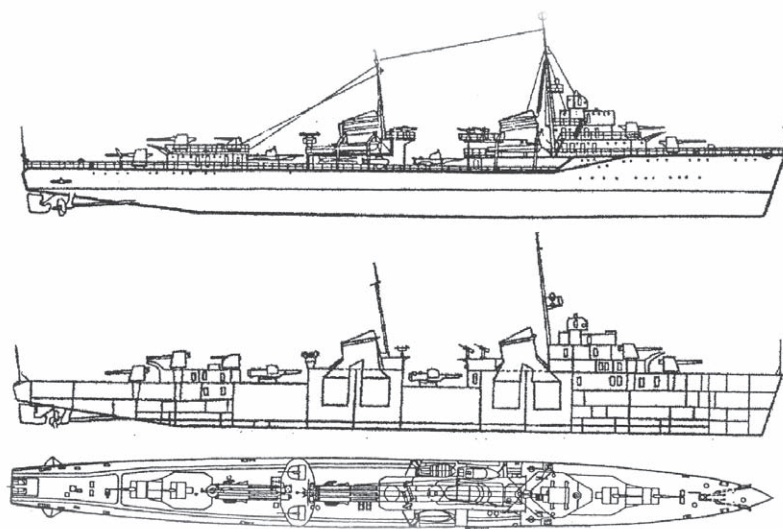
Строительство кораблей пр. 7 широко развернулось на основных заводах морского судостроения в Ленинграде, Николаеве, Комсомольске-на-Амуре и Владивостоке.

К середине 1937 г. было заложено уже 53 эсминца, из них 16 успели спустить на воду. Головной корабль «Гневный» (С-501) заложили 8 декабря 1935 г. на заводе им. Жданова в Ленинграде, спустили на воду в июне следующего года и сдали ВМФ в декабре 1938 г. Головной эсминец Черного моря «Бодрый» (С-314) заложили на заводе им. Марти в Николаеве 31 декабря 1935 г., спустя семь месяцев его спустили на воду и он вступил в строй ВМФ 6 ноября 1938 г. В целях ускорения строительства эсминцев пр. 7 для Тихоокеанского флота секции корпуса для 13 кораблей этого проекта были изготовлены в Николаеве и по железной дороге отправлены на заводы Дальнего Востока (табл. 1).

В первой половине 1937 г. возник вопрос о вредительстве при разработке проекта эскадренных миноносцев. Поступил донос, что неправильно приняли решение о линейном расположении машинно-котельной установки (МКУ) и этим резко снизили боевую живучесть кораблей пр. 7. В связи с этим ВМС приостановило постройку большинства эсминцев пр. 7 и предложило срочно разработать проект и чертежи обновленного проекта эсминца с эшелонным расположением турбинных и котельных отделений. Причиной этого послужил инцидент, произошедший в мае 1937 г. с английским эсминцем «Hunter», также



Эскадренный миноносец пр. 7



Эскадренный миноносец пр. 7У

имевшим линейное расположение ГЭУ, который подорвался на mine у берегов Испании и потерял ход. В августе того же года, когда треть кораблей уже достраивалась на плаву, пр. 7 был объявлен «вредительским», причем главным недостатком было признано линейное расположение ГЭУ. Стремясь сохра-

нить существующий большой задел по корпусам и механизмам, руководство Наркомоборонпрома в 1938 г. добились решения о продолжении постройки 29 эсминцев по основному проекту и еще 18 достроить по пр. 7У с эшелонным расположением ГЭУ. В ходе войны выяснилось, что по боевым качествам, в том числе

по боевой живучести, существенных отличий корабли обоих проектов не имели.

Проверка войной выявила как достоинства эсминцев пр. 7 и пр. 7У (мощное артиллерийское вооружение, высокая скорость, неплохая живучесть), так и их недостатки, основными из которых были слабость корпуса, низкая мореходность, недостаточная дальность плавания и слабое зенитное вооружение.

Примерно в эти же годы в ЦКБС-1 велось проектирование первенца советского крупного боевого корабля – легкого крейсера пр. 26. Вместе с начальником корпусного отдела ЦКБС-1 А.И.Масловым В.А.Никитин лично много сил, энергии и знаний вложил в это большое дело. Проектирование велось по тактико-техническим заданиям ВМС, которые Владимиру Александровичу были хорошо известны по работе с НТК ВМС и с итальянскими фирмами во время трех командировок в Италию. Он видел новые крейсера фирмы «Ансальдо» и даже участвовал в их ходовых испытаниях.

В июле 1934 г. Владимир Александрович в четвертый раз отправляется в командировку в Италию, но теперь уже довольно длительную, на целых 13 месяцев. Он возглавлял в качестве председателя приемную комиссию советских специалистов на фирме «Ансальдо» по турбозубчатым агрегатам для нового крейсера «Киров» (пр. 26) и технической документации в объеме заключенного договора. В столице Австрии – Вене – он совместно с известным ученым доктором Геберсом рассматривал и принимал технический отчет о сравнительных испытаниях в римском и венском опытовых бассейнах моделей корпуса нашего эсминца пр. 7. В марте 1935 г. Владимир Александрович по приглашению фирмы участвовал в сдаточных ходовых испытаниях новейшего тогда итальянского крейсера «Раймондо Монтекуколи». Через пять месяцев он с семьей возвратился в Союз и приступил к исполнению своих прямых обязанностей главного инженера ЦКБС-1.

Дел в бюро было очень много, оно выросло по численности персонала, который с трудом размещалось в помещениях части третьего и четвертого этажей нового задания заводу управления «Северной верфи». Положение осложнялось и тем, что новые эсминцы и крейсера строились одновременно на шести крупнейших заводах страны. Владимир Александрович напряженно работал, вечерами проверял расчеты, часто лично их дублировал, всячески старался оперативно решать поступающие вопросы и не задерживать дела на заводах. Ему это удавалось, конструкторы и заводчане ценили его оперативность, знания, опыт и добросовестность.

В 1936 г., как указывалось выше, ЦКБС-1 получило задание на эскизное проектирование линейного корабля типа «Б». Разработку проекта возглавил лично В.А.Никитин. Работы по этому сложному и крупному кораблю, а в дальнейшем и заменившему его линейному крейсеру пр. 69, еще больше загрузили главного инженера. Требовалось согласовывать и привлекать к разработке проекта десятки проектно-конструкторских бюро заводов-контрагентов, научных институтов и других организаций. Ход работ контролировался на самом высоком уровне, рассматривался в Кремле, где Никитину приходилось докладывать лично. На этом проекте полностью раскрылись его талант конструктора-архитектора и организационные способности.

К началу проектирования линкора типа «Б» относится публикация его третьей научной работы «Приближенный метод подсчета величины момента, изгибающего корабль на волнении», а также расширение им преподавательской деятельности в Военно-морской академии и Ленинградском кораблестроительном институте, которую он начал еще в 1929 г. С 1938 г. Владимир Александрович являлся постоянным членом Научно-технического совета ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова.

В работах по пр. 25 и пр. 69 прошли три года. В октябре–декабре 1939 г. В.А.Никитин выезжал в Германию в составе советской экономической делегации во главе с Наркомом И.Ф.Тевосяном, а в марте–июле следующего года ему снова пришлось посетить Германию в составе закупочной комиссии ВМФ и Наркомсудпрома по тяжелому крейсеру «Лютцов» и другим заказам.

В связи с началом Великой Отечественной войны, как уже было сказано, строительство крупных надводных кораблей было приостановлено, а ЦКБ-17 эвакуировано в Казань. Здесь Владимир Александрович, наряду с руководством коллектива ЦКБ, занимался разработкой дополнительной документации для постройки двух крейсеров пр. 26бис в Комсомольске-на-Амуре и довооружения и ремонта эсминцев, лидеров и крейсеров трех действующих флотов. Кроме этого, он много времени уделял научным исследованиям и подготовке к послевоенному судостроению. Им разрабатывалась тема «Предэскизное проектирование военных кораблей». В конце войны он представил результаты своих научных исследований в качестве диссертации на соискание ученой степени и успешно ее защитил.

После войны прошла реорганизация и специализация конструкторских бюро судостроения. На базе части работников

ЦКБ-17 и КБ завода им. Жданова было создано новое ЦКБ-53 со специализацией «проектирование легких и средних надводных боевых кораблей».

Приказом министра судостроительной промышленности от 22 апреля 1946 г. В.А.Никитин был назначен главным инженером этого ЦКБ, и в этой должности он проработал до 1951 г.. ВМФ строился в это время быстрыми темпами. На смену лидерам эскадренных миноносцев пр. 1 и эскадренным миноносцам пр. 7 и пр. 7У пришли эскадренные миноносцы пр. 30бис, а на смену крейсерам пр. 26 – крейсера пр. 68бис. Однако флоту требовались боевые корабли с новым вооружением и с более совершенными механическими установками. ВМФ разработал и выдал промышленности ТТЗ на проектирование такого корабля. Головной корабль пр. 41 получил название «Неустрашимый». Главным конструктором корабля был назначен главный инженер «Северного ПКБ» (ЦКБ-53) В.А. Никитин.

Эскизные и технические проекты эскадренного миноносца разрабатывались в 1948–1949 гг. Главный конструктор успешно справился с возложенным на него сложным делом. Корабль получился мощным по вооружению и экономичным по расходу топлива. На нем впервые были установлены стабилизированные двухорудийные башни 130-мм главного калибра и механическая установка на высоких параметрах пара, а также совершенные средства электрооборудования, радиосвязи, гидро- и радиолокации и другой техники. Был построен один эскадренный миноносец пр. 41, однако создание несколько меньших по водоизмещению эскадренных миноносцев пр. 56 вылилось в разработку проекта серийных кораблей на основе технических идей, реализованных в ходе проектирования, постройки и испытаний эсминца «Неустрашимый».

В пр. 41 отчетливо обозначилось стремление его разработчиков создать корабль с боевыми постами, по возможности убранными с верхней палубы и перемещенными в глубь корпуса. Особенность «Неустрашимого» стала исключительно компактная ГЭУ, которая без каких-либо кардинальных изменений «прошагала» по всем последующим проектам котлотурбинных надводных кораблей: эскадренных миноносцев пр. 56, большим ракетным кораблем пр. 57бис, ракетным крейсерам пр. 58, большим противолодочным кораблям пр. 1134 и пр. 1134А; вертолетоносцам пр. 1123, и авианесущим крейсерам пр. 1143.

В конце 50-х гг. перед проектными организациями была поставлена задача создать надводный корабль, вооруженный ракетным оружием. Это выразилось в развертывании работ по созданию ра-

кетного корабля нового типа, обладающего большой боевой мощью, предназначенного для уничтожения боевых кораблей и крупных транспортов противника. Такое назначение корабля, состав его оружия и сравнительно большое вооружение послужили основанием для создания корабля нового типа – ракетного крейсера. Главным конструктором ракетного крейсера пр. 58 был назначен В.А. Никитин. Технический проект корабля был завершен в марте 1958 г. Головной корабль, получивший название «Грозный», был заложен в феврале 1960 г., спуск состоялся в марте 1961 г., а в июне 1962 г. он был предъявлен на государственные испытания.

В ходе постройки «Грозного» окончательно решился вопрос о классификации этого корабля. Если в конце 50-х гг. он именовался «эскадренным миноносцем с управляемым ракетным оружием», то уже к началу 1960-х гг. пр. 58 уверенно причислили к классу крейсеров (подкласс «ракетный крейсер»). Безусловно, это была дань огромной ударной мощи нового корабля.

Основным оружием корабля стал ракетный комплекс П-35, который отличался от предшествующих комплексов УРО (КСЦ), значительно большей дальностью (до 300 км). Сверхзвуковая ракета 4К-44 имела обычное или ядерное снаряжение. Она могла применяться как по морским, так и по береговым целям. В состав комплекса УРО корабля пр. 58 входили: две пакетные счетверенные наводящиеся пусковые установки СМ-70, 16 крылатых ракет, система управления 4Р-44 («Бином») и другие обслуживающие устройства. Зенитный ракетный комплекс М1 («Волна») проходил всесторонние корабельные испытания на переоборудованном эсминце пр. 56К «Бравый». В состав комплекса входили спаренная (двухбалочная) стабилизированная пусковая установка ЗИФ-101, а также система хранения и подачи ЗУР. В погребе в двух револьверных барабанах размещалось 16 ракет В-600. Боевые характеристики комплекса обеспечивали два пуска каждые 5 секунд. Максимальная дальность стрельбы ракетами В-600 составляла 16 км, а досягаемость по высоте – около 15 км.

Крейсер имел две спаренные артиллерийские башни АК-726, размещенные в кормовой части корабля, и систему управления огнем МР-105 «Турель». Общий боезапас корабля составлял 2400 патронов калибром 76 мм, размещенных в двух погребах. На корабле размещались побортно два трехтрубных торпедных аппарата и две установки РБУ-6000 с общим боезапасом 96 РГБ четыре полных залпа и системой управления «Буря».



Ракетный крейсер пр. 58

Радиотехническое вооружение крейсера первоначально было представлено двумя двухкоординатными РЛС общего обнаружения МР-300 («Ангара»). Для поиска подводных целей и выдачи целеуказания торпедному и реактивно-бомбометному оружию имелось ГАС кругового и шагового поиска ГС-572 («Геркулес-2М») с выдвигной подкильной антенной. Экипаж корабля составлял 27 офицеров, 29 мичманов и главстаршин и 283 старшин и матросов (табл. 2).

К концу 1990-х гг. крейсера уже перешагнули свой предельный возраст. В 1990 г. из состава Тихоокеанского флота был выведен крейсер «Варяг», в 1991 г. наступила очередь «Грозного», находившегося на Балтике, в 1993 г. списали корабль «Адмирал Фокин» (ТОФ), а в конце 2004 г. – «Адмирал Головка» (Черноморский флот).

Ракетные крейсера пр. 58 оставили заметный след в истории отечественного кораблестроения. Советским ученым и конструкторам впервые удалось создать

Таблица 2

Основные ТТЭ РКР пр. 58

Водоизмещение, т:	
стандартное	4300
нормальное	4730
полное	5350
Размеры, м:	
длина по КВЛ (наибольшая)	34,0 (142,3)
ширина	16,2
Осадка наибольшая	4,73
Скорость полного хода, уз	34,5
Дальность плавания, мили (уз)	4500 (14,5))
Тип ГЭУ, мощность, л. с.	Паротурбинная, 92 000
Вооружение:	
ракетное	2x4 ПУ ИКР 11-35 (8 ракет в ПУ +8 ракет в погребах) 1x2 ПУ ЗРК «Волна» (боезапас 16 ЗУР)
артиллерийское	2x2 - 76-мм АУ АК-726 4x6 зен. АУ АК-630 (после модернизации)
торпедное	2x3 - 533-мм ТА
противолодочное	2x12 РБУ-6000
РЛС	МР-300 «Ангара»
ГАС	«Геркулес-2М»
авиационное	ВВП для вертолета Ка-25
Экипаж, чел.	339

В целом ракетный крейсер пр. 58 явился принципиально новым, технически совершенным для своего времени боевым кораблем. По первоначальным планам предполагалось построить не менее 16 кораблей этого проекта, однако фактически на судостроительном заводе им. А.А. Жданова было построено всего четыре крейсера.

мощный, сравнительно компактный корабль с ракетными комплексами различного назначения. Необходимо отметить, что крейсера пр. 58 стали первыми отечественными кораблями, получившими ядерное оружие и обладавшими огромными боевыми возможностями.

За разработку и создание крейсера пр. 58 была присуждена Ленинская

премия но, как это нередко случалось, в списке удостоенных ею не оказалось ни главного конструктора, ни главного наблюдающего ВМФ.

В.А. Никитин после завершения основной творческой работы отправился на заслуженный отдых. Последние чертежи по пр. 58 в должности главного конструктора подписывали А.Л. Фишер или В.Г. Королевич. Но как бы там ни было, ракетный крейсер пр. 58 стал «лебединой песней» выдающегося кораблестроителя Владимира Александровича Никитина.

В 1962 г. ему по его просьбе утвердили персональную пенсию союзного значения. Годы брали свое, стало трудно справляться с большой оперативной работой, требующей выездов на заводы и корабли флота.

Владимир Александрович остался работать в бюро в качестве консультанта, оказывал большую помощь в решении возникающих вопросов и передавал конструкторам свой огромный и ценный опыт.

10 апреля 1942 г. В.А. Никитин с группой конструкторов ЦКБ-17 за разработку проектов боевых кораблей был награжден Сталинской (Государственной) премией первой степени.

Кроме того, он награжден орденами Ленина, «Трудового Красного Знамени», «Отечественной войны» 1-й степени, «Знак Почета» и многими медалями. С 1948 г. он избирался в Ленинградский городской Совет депутатов трудящихся.

До настоящего времени актуальны некоторые никитинские «Советы конструктору»: «Всегда являйся на работу опрятно одетым, никогда никого не обманывай, не старайся быть незаменимым, не стесняйся учиться у товарищей, не расстраивайся и не обижайся, если младший товарищ, более способный, чем ты, обойдет тебя, не замыкайся в своей специальности».

В этих советах – характер В.А. Никитина, его образ. В повседневной жизни он был очень скромным, деликатным и общительным человеком. До последних дней, а он прекратил ходить на работу в январе 1974 г., когда ему было почти 82 года, он оставался настоящим

джентльменом: помочь женщине нести тяжелый груз, уступить дорогу, открыть дверь, сказать добрые слова – это было у него в крови.

Владимир Александрович щедро передавал свои знания и опыт молодым конструкторам. Хорошо известно, что основными «инструментами» конструктора в 60-е гг. XX столетия были логарифмическая линейка и обычные бухгалтерские счеты. Хорошо помню, как он учил меня считать на счетах левой рукой. Как-то он зашел в отдел, а я считал нагрузку на счетах правой рукой. Он меня остановил и сказал, что считать надо левой рукой, а правой записывать в таблицы результаты. Я сказал, что не умею считать левой рукой. Тогда он пригласил меня в свой кабинет, посадил рядом и заставил считать левой рукой в течение часа.

Он мастерски пользовался логарифмической линейкой для расчетов по теории корабля. Брал две логарифмические линейки и результаты расчета с одной линейки переносил на другую, что существенно сокращало работу.

Первым научным трудом В.А. Никитина было как раз пособие «Логарифмическая счетная линейка», где он излагал основные приемы работы на линейке.

Владимир Александрович всегда большое внимание уделял молодежи и щедро делился с ней своими знаниями, опытом. Он вел преподавательскую работу в Ленинградском кораблестроительном институте, Высшем военно-морском инженерном училище им. Дзержинского и Военно-морской академии. Достаточно свободно владел немецким, французским и итальянским языками.

До сих пор не потеряли актуальности некоторые его работы: «Диаграммы для расчета прямоугольных пластин», «Приближенный метод подсчета величин момента, изгибающего корабль на волнении», «Динамический расчет бокового спуска корабля», «Динамический метод расчета кронштейнов гребных винтов».

В 1960 г. по направлению Минсудпрома я начал работать в ЦКБ-53 (п/я 572), ныне «Северное ПКБ». Вместе со

многие из Корабелки пришел на работу в бюро и В.А. Перевалов, будущий главный конструктор кораблей пр. 1144.2 («Петр Великий») и пр. 1135.6. Через два года в бюро по распределению министерства пришел Е.Е. Смагин, талантливый конструктор и замечательный человек, через несколько лет его перевели в Минсудпром, а несколько позже в Совмин СССР. Начальник ЦКБ А.К. Перьев поручил В.А. Никитину взять над нами шефство и обучить основным приемам проектирования кораблей на начальных стадиях. В.А. Никитин обучал нас по составленной им программе, которая включала в себя определение главных размерений, расчет весовой нагрузки, расчет ходкости и определение мощности главной энергетической установки. Теоретические занятия (лекции-беседы) закреплялись практическими упражнениями, которые проводились в виде тренировочных расчетов и эскизов компоновки кораблей.

В повседневной жизни он был очень скромным человеком. На работу и с работы ездил на трамвае от завода Жданова до Васильевского острова, где жил, при этом всегда читал книги.

Запомнилось его отношение к хлебу. В заводской столовой он никогда не оставлял несъеденный хлеб, а всегда заворачивал в салфетку и забирал его с собой. При этом он был человеком достаточно обеспеченным. Запомнилось несколько случаев, когда он давал личные деньги в долг предприятию для выплаты конструкторам зарплаты.

13 апреля 1977 г. выдающийся конструктор-кораблестроитель, ученый, патриот, кавалер многих орденов и медалей ушел из жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Никитин В.А.* О себе, времени и кораблях. – СПб.: Моринтех, 2004.
2. *Зубов Б.Н.* Записки корабельного инженера. – М.: Ключ, 1988.
3. Вместе с Флотом России: К 65-летию СПКБ. /Под ред. В.И. Спиридопуло. – СПб.: ИД «Информ ВС», 2011.
4. *Юхнин В.Е.* Первые годы Северного ПКБ // Морской вестник. – 2014. – № 3 (51). ■

17 февраля 2017 г. в Екатерининском зале Государственного музея-заповедника «Царское Село» в г. Пушкин состоялась 44-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания, посвященная его 107-й годовщине. На входе в Екатерининский зал дворца членов СПб МС, Совета старшин и гостей встречали председатель Н. В. Орлов и генеральный директор ГМЗ «Царское Село» почетный член СПб МС О. В. Таратынова. Особую торжественность и значимость события подчеркивала прекрасная музыка в исполнении оркестра Мариинского театра.

Ассамблею открыл Н. В. Орлов, после чего состоялось внесение знаменного флага и были исполнены гимны России



и СПб МС. Н. В. Орлов предоставил слово духовнику Собрания настоятелю Никольского Богоявленского собора протоиерею Богдану Сойко. Отец Богдан благословил работу ассамблеи, напомнил о грядущем Великом посте после масленичной недели, призвал всех к миру, взаимопониманию, любви к ближним и к своему Отечеству.

Председатель СПб МС Н. В. Орлов подчеркнул важность проводимых Собранием мероприятий в рамках единой патриотической концепции «Флот. Честь. Слава» и доложил о результатах проделанной работы. СПб МС успешно осуществляет издательские проекты по истории Российского флота в серии «Библиотека Морского Собрания», оказывает всестороннюю поддержку флотским библиотекам, региональным Морским Собраниям, входящим в Ассоциацию Морских Собраний России, морским учебным заведениям, учреждениям и органи-

44-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*Санкт-Петербургское Морское Собрание,
контакт. тел. (812) 312 5396*



зациям научно-просветительского характера, архивам и библиотекам. СПб МС на постоянной основе выступает инициатором и организатором проведения различных общегородских, региональных и международных мероприятий по подготовке и празднованию торжественных дат и событий в истории Вооруженных сил России и ее союзников по блокам и коалициям. Члены и старшины МС принимают активное участие в мероприятиях по увековечению памяти и подвигов русских моряков и флотоводцев. СПб МС проводит тематические конференции

и «круглые столы», ведет большую историко-патриотическую работу среди молодежи и морских кадет городов, входящих в Ассоциацию МС России. Н. В. Орлов зачитал приветственную телеграмму почетного члена СПб МС главы Республики Крым С. В. Аксенова в адрес ассамблеи и сердечно поздравил всех присутствующих с Днем защитника Отечества.

После великолепного концерта артистов Мариинского театра и последовавшего за тем представления новых членов СПб МС первый заместитель председателя СПб МС адмирал



Протоиерей Богдан благославляет работу Ассамблеи

В. П. Иванов зачитал приказы Н. В. Орлова по СПб МС от 16 февраля 2017 г.: «За безупречное служение СПб МС, активное участие в решении уставных задач МС, укрепление его авторитета, честное и добросовестное исполнение своих общественных и служебных задач и обязанностей», наградить:

- золотым нагрудным знаком «За 20 лет безупречной службы в СПб Морском Собрании» И. А. Пашкевича, В. Е. Юхнина, А. А. Яковлева;
- золотым нагрудным знаком «За 15 лет безупречной службы в СПб Морском Собрании» И. В. Гольдштейна, А. В. Локоть, А. А. Шнуренко;
- золотым нагрудным знаком «За 10 лет безупречной службы в СПб Морском Собрании» К. К. Кокоева, П. П. Паринова.

Отмечая постоянную организаторскую работу многих членов СПб МС, способствующую решению уставных целей и задач МС, флотских, социальных и общественных вопросов, проведение внутренних и международных мероприятий, посвященных памятным датам России и Российского флота, большой вклад в подготовку морских кадров, наградить:

- орденом «За заслуги» 1-й степени начальника ГШ ВМФ вице-адмирала А. О. Воложинского;



Награждение вице-адмирала А. О. Воложинского

- орденом «За воинскую доблесть» 1-й степени командующего ЗВО генерал-полковника А. В. Картаполова;
- орденом «За трудовую доблесть» 1-й степени Д. А. Куракина, С. Н. Савина;
- орденом «За воинскую доблесть» 2-й степени командующего Ти-



Награждение В. Е. Юхнина

хоокеанского флота адмирала С. И. Авакянца, командующего Северного флота вице-адмирала Н. А. Евменова, командующего Балтийского флота вице-адмирала А. М. Носатова, начальника «Военно-морской академии им. Адмирала Флота Н. Г. Кузнецова» вице-адмирала В. Л. Касатонова;

- орденом «За заслуги» 2-й степени членов МС С. В. Качковского и В. А. Скального;
- орденом «За трудовую доблесть» 2-й степени членов МС И. В. Вильнит, И. С. Суховинского, С. А. Номерова.
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й степени членов МС М. В. Малюшина, Ю. С. Москаленко, В. К. Нагибина;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 3-й степени членов МС М. А. Володина, С. Г. Фокина;

«Литературной премии СПб МС» решением литературной комиссии, утвержденным Советом старшин, присвоить звание «Лауреат литературной премии СПб МС» за 2016 г. доктору исторических наук Г. А. Гребенщиковой – автору книги-монографии «Чесменская победа. Триумф России в Средиземном море» с вручением «Диплома лауреата литературной премии СПб МС» и денежной премии.

Председатель СПб МС Н. В. Орлов поздравил награжденных, пожелал всем крепкого здоровья, счастья, благополучия, успешной работы и службы на благо Отечества и Российского флота. В заключение он зачитал телеграмму главнокомандующего ВМФ о принятом решении: в честь важности и значимости для России победы русского флота под Чесмой в июне 1770 г. под начальством Алексея Григорьевича Орлова и уничтожения турецких



Вручение диплома Г. А. Гребенщиковой

– золотой медалью «Петр Великий» членов МС И. Е. Золотых, С. В. Литвинова, А. М. Малашевича. В соответствии с «Положением о проведении конкурса на соискание

морских сил наименовать предполагаемый к закладке эсминец нового проекта «Орлов-Чесменский». ■

Фото А. Л. Акемтьева

8 декабря 2016 г. состоялось собрание членов Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. На нем присутствовали директор или заместители директоров 44 предприятий из 49 предприятий – членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга Т.И. Чекалова, председатель Комитета образования правительства города Ж.В. Воробьева, председатель Комитета по науке и высшей школе правительства Санкт-Петербурга А.С. Максимов, председатель территориальной организации профсоюзов С.П. Максименко, представители прессы и телевидения.

ИТОГИ СОБРАНИЙ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ СУДОСТРОЕНИЯ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга
и Ленинградской области,
контакт. тел. (812) 786 1172*



Ж.В. Воробьева

Председатель собрания – президент Ассоциации, председатель секции по судостроению Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга В.Л. Александров.

С докладом о состоянии, проблемах и перспективах подготовки рабочих и специалистов высшего и среднего звена в учебных заведениях Петербурга для судостроительных предприятий города выступила Ж.В. Воробьева. Со докладчиком – директором колледжа судостроения и прикладных технологий А.Л. Женаев.

О проблемах в этой сфере говорил также председатель Комитета по науке и высшей школе А.С. Максимов. Со докладчиками – декан факультета целевой подготовки специалистов и дополнительного образования специалистов СПбГМТУ Г.В. Проценко и зам. директора Петровского колледжа С.Р. Козырева.

В докладе констатируется, что в течение последних 10 лет число обучающихся по инженерно-техническим специальностям высшего образования в Петербурге выросло с 24,9% до 36,9%.

Тем не менее выпускники профессиональных образовательных учреждений не могут в полном составе прийти на производство и войти в трудовой коллектив в связи с призывом в Вооруженные силы РФ. Многие из отслуживших уже не приходят в профессию, а предприятия судпрома не получают рабочих и специалистов в соответствии с потребностями.

Ситуацию можно решить законодательно, придав работе выпускников профессиональных образовательных учреждений для судостроения и кораблестроения статус альтернативной службы. Косвенно это приведет к большему количеству абитуриентов в указанные образовательные учреждения.

В Санкт-Петербурге накоплен положительный опыт взаимодействия пред-

приятий судпрома и системы профессионального образования. Развиваются формы и методы обучения, в частности, появилось дуальное обучение, когда теоретическую часть читают в образовательном учреждении, а практическую берет на себя предприятие, кроме того, существует целевая форма обучения и трудоустройства выпускников.

О возможности и целесообразности вступления Ассоциации в Региональное объединение работодателей Союза промышленников и предпринимателей (ССП) Санкт-Петербурга доложил советник президента этого Союза А.Н. Межевич.



А.С. Максимов

В Объединенную судостроительную корпорацию (ОСК) было направлено письмо (№ 210/16 от 08.06.2016 г.) с просьбой разрешить Ассоциации вступить в Региональное объединение работодателей СПП Петербурга. Однако из письма первого вице-президента ОСК Л.В. Стругова (от 11.08.2016 г. № 14-01-8657) следовало, что ОСК неправомерно принимать такое решение, так как она является некоммерческой общественной организацией.



А.Л. Женаев, В.Л. Александров, Л.Г. Грабовец и В.Г. Левченко

Затем выступил зам. генерального директора завода «Пелла» И.Л. Вайсман, который рассказал об опыте завода по постройке рыбопромысловых судов на экспорт и применении закона № 275-ФЗ от 29.07.12 г. при выполнении работ по госзаказу.

Постройка современного рыбопромыслового судна для иностранного заказчика является несомненным успехом судостроителей Ленинградской области. Но дальнейшую работу затрудняет отсутствие у закона № 275-ФЗ от 29.07.2012 г. статуса федерального закона прямого действия, к тому же подзаконным актом – Постановлением Правительства РФ № 407 – основная идея закона была выхолощена. Такая же участь постигла законы № 305-ФЗ от 07.11.2011 г. и № 246-ФЗ от 19.07.2011 г., что не идет на пользу отечественного судостроения.

Решения собрания:

1. Поручить исполнительной дирекции подготовить обращение в Администрацию Президента РФ с просьбой помочь в решении проблемы закрепления выпускников профессиональных образовательных учреждений на промышленных предприятиях

Рекомендовать руководителям предприятий – членам Ассоциации активнее внедрять методы дуального обучения как по образовательным программам, так и по программам переподготовки кадров, а также шире внедрять целевую форму обучения с заключением договоров с образовательными учреждениями и гарантированное трудоустройство выпускников учебных заведений.

Поддерживать развиваемую в СПбГМТУ систему непрерывного профессионального образования.

Учитывая положительный опыт реализации Программы подготовки и переподготовки кадров для судостроения города и области на 2004–2008 гг., считать целесообразным просить Комитет промышленной политики и инноваций Правительства Петербурга совместно с СПбГМТУ проработать концепцию аналогичной Программы на 2017–2022 гг.

2. Поскольку решение о вступлении Ассоциации в Региональное объединение работодателей СПП Петербурга должны принимать исключительно первые лица предприятий – членов Ассоциации, поручить исполнительной дирекции провести заочный референдум среди директоров предприятий и результаты вынести на очередное собрание Ассоциации.

3. Поручить исполнительной дирекции совместно с экспертом Ассоциации

И.Л. Вайсманом подготовить обращение в Администрацию Президента РФ с просьбой о внесении в указанные федеральные законы необходимых изменений, чтобы они стали законами прямого действия.

Разослать настоящее Решение всем предприятиям – членам Ассоциации, участникам собрания, а также в Администрацию Президента РФ, в Минпромторг РФ и ОСК.

15 февраля 2017 г. состоялось отчетно-выборное собрание Ассоциации судостроителей СПб и ЛО и Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга.

Заместитель председателя КППИ правительства Санкт-Петербурга С.А. Тальнишних отчитался о деятельности КППИ Санкт-Петербурга за 2016 г. и задачах на 2017 г. Особое внимание было уделено участию судостроителей города в выполнении государственной программы «Развитие промышленности, инновационной деятельности и аграрного комплекса Санкт-Петербурга на 2015–2020 гг.». В порядке сотрудничества с КППИ исполнительная дирекция в течение года отработала более 20 поручений.

Не оставался без внимания на протяжении 2016 г. вопрос подготовки рабочих и инженерных кадров для предприятий города и области. О состоянии дел в этой области, достижениях, недостатках и проблемах в свое время говорили председатели Комитета по образованию Ж.В. Воробьева, Комитета по науке и высшей школе А.С. Максимов, а также представители учебных заведений. Предложения по их решению направлены в Администрацию Президента РФ.

Продолжались работы по совершенствованию механизма исполнения законов 305-ФЗ, 246-ФЗ и особенно 275-ФЗ, касающихся деятельности судостроителей. В частности, по запросу Союза промышленников и предпринимателей было подготовлено выступление А.А. Турчака на заседании Совета по законодательному обеспечению ОПК и ВТС при Совете Федерации Федерального Собрания РФ на тему «Правоприменительная практика в сфере выполнения гособоронзаказа: состояние и проблемы», в котором содержались конкретные предложения по корректировке закона 275-ФЗ. Все предложения были направлены помощнику Президента РФ А.Р. Белоусову.

Ассоциация традиционно сотрудничает с Морским Советом при правительстве Санкт-Петербурга, а также с обеими территориальными организациями профсоюзов судостроителей.

К сожалению, оказались ослаблены связи с Научно-экспертным советом Морской Коллегии при Правительстве РФ и Экспертным советом в области судостроения и кораблестроения комиссии Совета Федерации по национальной морской политике.

О своей финансово-хозяйственной деятельности исполнительная дирекция отчиталась о подготовке сметы расходов на 2017 г.

Затем с анализом основных целевых статей расхода бюджета страны на 2017 г. для судостроения в сравнении с другими отраслями ВПК выступил заместитель генерального директора завода «Пелла», эксперт Ассоциации И.Л. Вайсман.

Следующим пунктом повестки дня был отчет исполнительной дирекции о работе Ассоциации в 2016 г. Его представил исполнительный директор Ассоциации А.А. Юрчак.



А.А. Юрчак

О результатах заочного референдума по вопросу вступления Ассоциации в Региональное объединение работодателей Союза промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга доложил также А.А. Юрчак.

О подготовке и проведении юбилейных мероприятий по случаю 25-летия Ассоциации судостроителей рассказал ее президент В.Л. Александров.

Об учреждении общероссийского Дня судостроителей проинформировал председатель Союза ветеранов судостроения Санкт-Петербурга А.И. Затчаев.

В заключение были избраны руководящие и исполнительные органы Ассоциации: президентом был переизбран доктор технических наук профессор В.Л. Александров, вице-президентами – Л.Г. Грабовец (СФ «Алмаз») и В.Г. Левченко (Выборгский судостроительный завод). ■

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 (полуполноцветные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылаются 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 629.57 **Ключевые слова:** необитаемые аппараты с динамическими принципами поддержания, дистанционно-управляемые необитаемые катера, необитаемые аппараты экранопланного типа, необитаемые аппараты на воздушной подушке

А.А. Шилкин. Особенности формирования комплексов необитаемых аппаратов с динамическими принципами поддержания гражданского назначения // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 8

На основании результатов первоначальной оценки целесообразности и возможности создания морских комплексов на основе необитаемых аппаратов с динамическими принципами поддержания, предназначенных для решения определенного круга задач в гражданской области рассмотрены особенности их формирования и приведены примеры возможных конструктивных решений. Ил. 5. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.314 **Ключевые слова:** двухрежимный контроллер, многофункциональный движитель

А.Р. Тогуниц, Л.И. Вишневецкий, С.В. Капринцев. Модельные исследования гидродинамических характеристик двухрежимного контроллера на швартовах как средства активного управления // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 11

Описан многофункциональный двухступенчатый лопастный движитель, задний ступенью которого является двухрежимный контроллер. Представлены результаты модельных испытаний контроллеров различных конструкций на швартовах, выполненных в опытовом бассейне. На примере большого рыболовного судна показана эффективность двухрежимного контроллера как средства активного управления судном в сравнении с традиционными средствами (подруливающим устройством типа «винт в трубу»). Приведены гидродинамические характеристики двухступенчатого многофункционального лопастного движителя для трех основных режимов его работы: полного хода с энергосбережением (контроллер неподвижен), малого (аварийного) хода под действием контроллера и на швартовном режиме. Т. 3. Ил. 4. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** Сахалин, морской паром, арктический класс, безопасность, пассажироместимость, опасные грузы, автономность, социальная задача

Г.В. Егоров, И.А. Ильинский. Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского паромов для линии Ванино–Холмск. Часть 1 // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 15

Выполнен анализ работы паромной линии «Ванино–Холмск», обозначена необходимость замены существующих паромов. Создан проект современного паромов с арктическим классом для самостоятельной работы на линии Ванино–Холмск с характеристиками, значительно превышающими характеристики существующих паромов типа «Сахалин». Т. 4. Ил. 7. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** судно, корабль, постройка, модернизация, конкурентоспособность, решение

А.С. Соловьев, Г.В. Тарица. Школы создания морской техники – наиболее востребованные решения для повышения конкурентоспособности российского судостроения // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 23

Прогнозируется рост объемов производства судов и кораблей на российских предприятиях, анализируются факторы, побуждающие такой рост. Рассмотрены проблемы готовности судостроительных предприятий к реализации производственных программ. Предложены решения по повышению конкурентоспособности отрасли за счет роста компетенций, усовершенствования системы управления процессами на всех этапах жизненного цикла морской техники. Показана необходимость создания школы создания морской техники, представляющей совокуп-

ность мероприятий по сбору, систематизации и использованию профессиональной информации, роста уровня профессиональных знаний и навыков с целью повышения компетентности на всех стадиях жизненного цикла морской техники.

УДК 629.12.001.2 **Ключевые слова:** жизненный цикл, организационно-управленческая дисциплина и технология, уровни зрелости процессов управления верфью

А.Е. Богданов. Развитие понятийного аппарата применения организационно-управленческих технологий при создании, техническом обслуживании морской техники // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 28

Предложен понятийный аппарат и рассмотрен порядок его применения в составе организационно-управленческих технологий и дисциплин по типам подсистем управления в информационной среде проектирования бизнес-процессов производственного комплекса верфи. Т. 2. Ил. 2. Библиогр. 3 назв.

УДК 658.531: 629.5.074 **Ключевые слова:** судостроительная отрасль, реконструкция судостроительного производства, судокорпусной цех, имитационное моделирование, физико-математическая модель

В.И. Дорофеев, В.Н. Кляхин, А.Б. Фомичев. Физико-математическая модель функционирования судокорпусного цеха как структурного подразделения судостроительного предприятия // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 32

Проанализированы основные проблемы реконструкции судостроительного производства, отражены ее основные цели и задачи. Особое внимание уделено поиску оптимальных решений по реконструкции корпусосборочного производства. Отражены подходы к моделированию, разработана физико-математическая модель функционирования судокорпусного цеха как структурного подразделения судостроительного предприятия, отражены подходы к ее применению при реконструкции судостроительного производства. Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.643 **Ключевые слова:** «Пумори-северо-запад», обрабатывающий центр, композиты, характеристики, Ferretti, фирма CMS

Л.М. Грин. Применение многофункционального 5-осевого портального обрабатывающего центра CMS при производстве корпусов судов из композитных материалов // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 37

Рассмотрены возможности многофункционального 5-осевого портального обрабатывающего центра производства итальянской фирмы CMS. Используется при постройке судов из композитов. Ил. 5. Библиогр. 1 назв.

УДК 629.5.081.4.002.72 **Ключевые слова:** корабль, судно, иностранная постройка, импортозамещение

Г.Н. Муру. Решение задач импортозамещения при ремонте кораблей и судов иностранной постройки // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 41

Обозначены проблемы ремонта кораблей и судов иностранной постройки, эксплуатация которых признана целесообразной, и импортозамещения ряда оборудования, необходимого для их модернизации. Показаны примеры успешного решения данной проблемы. Ил. 3.

УДК 338.4 **Ключевые слова:** судостроение, цена, калькуляция, морская техника, методика

А.В. Абрамов, А.Н. Ваучский, М.А. Загородников, Д.С. Хмара. Практика определения затрат и установления цен на гражданскую морскую технику // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 43

Изучена практика применения нормативно-методических документов при обосновании и проведении расчетов

стоимости полного жизненного цикла судна, при экспертизе стоимости постройки судов на судостроительных предприятиях и в организациях судостроительной промышленности РФ. На основании анализа выявленных проблем сформулированы предложения по порядку и методике определения затрат по отдельным калькуляционным статьям на морскую технику на стадиях ее проектирования и строительства. Т. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 3384:658.53:629.5 **Ключевые слова:** анализ, кредитная политика, ключевые показатели, оценка бизнеса, стоимость, структура капитала, эффективность, финансовая политика

А.В. Иванкович. Финансовая политика и оценка бизнеса в судостроении // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 49

Определены основные условия, влияющие на стоимость компании, автор считает необходимым применение предложенных модифицированных коэффициентов для уточненной оценки финансового состояния и эффективности финансовой политики предприятия. Это позволит не просто выявить существующие проблемы платежеспособности и ликвидности предприятия, но и установить, чем они вызваны, а также учесть факторы стоимости заемных средств, требуемого дохода для данного уровня долговой нагрузки, обеспечение обязательств собственными средствами и вероятность рисков и форс-мажорных обстоятельств. Т. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.165.01 **Ключевые слова:** турбинное масло, фильтр, фильтроэлемент, очистка масла, блок сепарации, сепарация, пористый полимерный фильтроэлемент, механические примеси

С.К. Шин. Технологические особенности очистки турбинных масел полимерными фильтроэлементами // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 53

Рассмотрены технологические особенности очистки турбинных масел полимерными фильтроэлементами. На примере наиболее используемых марок турбинных масел Тп-22, Тп-46 и Б-3 В показано влияние плотности и кинематической вязкости масел на отделение воды и механических примесей. Т. 1. Ил. 3.

УДК 629.5.015.4 **Ключевые слова:** давление, подшипник, насос, люлька насоса, гидромотор, расчет, ресурс, нагрузка условная, время работы эквивалентное, методика

Ю.В. Копытов, В.Ю. Каминский, Д.А. Скороходов. Определение ресурса гидромашин в зависимости от условий эксплуатации и расчет эквивалентного времени работы // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 55

Представлена методика расчета ресурса гидромашин (насосов и гидромоторов) в произвольных режимах, отличных от основного (номинального). Приведены примеры использования полученных формул. Показано, что приведенные зависимости позволяют рассчитывать эквивалентное время, соответствующее основному расчетному режиму при работе гидромашин с произвольными параметрами в различных условиях, что обеспечивает возможность заранее устанавливать соответствие располагаемого ресурса потребному. Представленные формулы применимы для назначения режимов работы гидромашин, необходимых для ускоренных ресурсных испытаний. Разработанная методика может быть использована при исследовании гидромашин, построенных по другим конструктивным силовым схемам, а также при определении ресурса механизмов, в которых применяются насосы типа ПД и гидромоторы типа ПМ. Т. 7. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.4 **Ключевые слова:** электрооборудование, импортозамещение, контроль качества продукции, военные представительства

С.С. Стародед, А.А. Неёлов. Импортозамещение и диверсификация в электрооборудовании для морских объектов: опыт АО «Новая ЭРА» // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 57

Развитие отечественных технологий по программам импортозамещения требует повышенного контроля качества изделий для достижения их характеристик, не уступающих характеристикам зарубежных образцов. На примере АО «Новая ЭРА» показано, как качество военной приемки распространилось на гражданские заказы и позволило диверсифицировать не только продукцию, но и научный потенциал компании.

УДК 629.12.06 **Ключевые слова:** гребной винт, льдина, нагрузки, имитационное моделирование, ледовые нагрузки, валопровод

В.К. Румб. Имитационное моделирование нагрузок на валопроводы ледоколов и судов ледового плавания // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 60

Приведено физико-теоретическое описание силового взаимодействия лопасти гребного винта с льдиной. Рассмотрены методические положения имитационного моделирования и алгоритм прогнозирования ледовых нагрузок на судовую валопровод. Обоснованы вероятностные законы распределений и их параметры на основе статистической обработки торсиограмм, полученных во время эксплуатации судов ледового плавания. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** виброизолятор, металлический трос, судовое оборудование, амортизатор
Н.В. Волкова, В.И. Голованов, Ю.А. Гладылин, Е.П. Железнов. Применение тросовых виброизоляторов для защиты судового оборудования // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 65

Преимущества металлических упругих элементов привели к созданию отечественных амортизаторов, в которых в качестве упругого элемента используется металлический трос. Рассмотрены тросовые виброизоляторы СТВР и ВЦК и их особенности. Указанные тросовые виброизоляторы прошли комплексные и межведомственные испытания по действующим методикам на стендах ФГУП «Крыловский государственный научный центр». В результате были определены все требуемые характеристики, основные из которых представлены. Отечественные тросовые виброизоляторы целесообразно использовать в первую очередь, в качестве противоударной амортизации оборудования, а также в условиях, когда традиционные резинометаллические неприменимы. Т. 2. Ил. 2. Библиогр. 9 назв.

УДК. 621.316.722.016.3 **Ключевые слова:** ключевой блок, трехфазный инвертор напряжения, широтно-импульсная модуляция, коэффициент гармоник, частотный спектр

Б.Ф. Дмитриев, С.Я. Галушин, А.М. Лихоманов, А.Ю. Розов. Трехфазная синусоидальная модифицированная широтно-импульсная модуляция первого рода в автономных инверторах // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 69

Рассмотрен способ управления автономным инвертором напряжения в составе судовой электроэнергетической системы, позволяющей обеспечить требуемые статические и динамические характеристики преобразователя. Т. 3. Ил. 11. Библиогр. 4 назв.

УДК 517.946 **Ключевые слова:** колебания струны, математическое описание, решение

Ш.Г. Алиев, М.М. Зайнулладов. Обобщенное уравнение колебания струны и его нелинейный аналог // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 74

Статья посвящена определению расстояния между двумя произвольными траекториями в виде нелинейного колебания струны. Ил. 1. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5:656.6 **Ключевые слова:** е-Навигация, навигационные системы, электронные навигационные карты, морское облако, коммуникации, связь, технологии, стратегический план внедрения, тестовая акватория, е-Море, интеллектуальная акватория, и-Акватория

Г.И. Безбородов, М.И. Исмагилов. От стратегии е-Навигации к концепции и-Акватории // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 77

Выполнен анализ появления и развития концепции, а затем стратегии е-Навигации, дана обобщенная характеристика основных положений международных документов в области е-Navigation. Приведены сравнительные результаты основных проектов е-Navigation за 2006–2016 гг. в мире, рассмотрены первые итоги реализации стратегии е-Навигации в России. Представлена создаваемая тестовая акватория е-Навигации и ее составные части, показано возможное дальнейшее развитие стратегии е-Навигации и органичное ее сопряжение с концепцией интеллектуальной акватории (и-Акватории). Т. 2. Ил. 6. Библиогр. 22 назв.

УДК 629.7025 **Ключевые слова:** интеллект, информация, система управления, динамический объект, знания, экспертная система, кластер, пространство состояний, модель, управляющее воздействие

К.В. Лапшин, В.А. Никольцев, Ю.А. Ямщиков. Принципы логического управления сложными динамическими объектами // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 83

Рассмотрены основные подходы применения принципов логического управления сложными динамическими объектами (СДО). На основе представленной концепции разработано архитектурное решение интеллектуальной системы логического управления. В качестве основы стратегии логического управления предлагается метод поиска оптимальных управляющих воздействий с адаптацией к изменениям внешней среды. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 004.658.2 **Ключевые слова:** интегрированные системы управления, ИСУ, быстродействие систем, базы данных, синхронизация данных

А.Н. Зайцев, М.С. Сабуров. Синхронизация параметров таблиц базы данных, организованной на принципе единого информационного пространства, и параметров в СИ-структуре СЛОС, используемых в комплексе информационных и расчетных задач боевого управления ИСУ корабля // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 87

Проанализирована организация взаимодействия базы данных интегрированной системы управления, базирующейся на принципе единого информационного пространства корабля, работающей под управлением СУБД, и массивами данных прикладных задач (массивами данных в формате СИ-структур СЛОС ИСУ), требующих минимально возможного времени реакции системы – повышенного быстродействия. Ил. 2.

УДК 629.5.06 **Ключевые слова:** сеть, коммутатор, Ethernet, шлюз

А.В. Самойлов, Е.В. Королёв. Совершенствование сетевых решений в интегрированных автоматизированных системах управления корабля // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 91

Рассмотрены особенности построения резервированных корабельных сетей для систем обмена данными с уменьшенными массогабаритными характеристиками. Предложены решения организации кабельных связей, уменьшения сетевого оборудования, встроенной в систему диагностики сетей и необходимые программные средства для этого. Ил. 2. Библиогр. 3 назв.

УДК 004.424.27+004.725.4 **Ключевые слова:** передача данных, надежность, оптимизация, информационно-вычислительная сеть, перколяция, IP-телефония, пропускная способность

Н.М. Вихров, А.П. Нырклов, А.А. Шуруенко, С.С. Соколов, А.А. Некрасова, Ю.К. Полунина. Современные методы оптимизации передачи данных в информационно-вычислительных сетях на транспорте // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 95

К проблемам передачи данных в информационно-вычислительных сетях относятся снижение пропускной способности информационно-вычислительной сети, угроза разрушения управления потоками данных в сети, необходимость перераспределения информационных потоков. Решение этих проблем приведет к улучшению работоспособности управления потоками данных и работы сети в целом. Необходимо обеспечивать максимально эффективное использование полосы пропускания, возможность динамического распределения сетевых ресурсов, более высокий уровень автоматизации и контроля вычислительной сети. Надежность и непрерывность работоспособности вычислительной сети – важнейший критерий оптимизации передачи данных. Ил. 4. Библиогр. 14 назв.

УДК 621.391.825 **Ключевые слова:** корабль, электромагнитная обстановка, электромагнитная совместимость, технические средства, радиоэлектронная аппаратура, электромагнитные воздействия, стойкость технических средств, электромагнитные помехи

Б.Н. Городецкий. Моделирование в натуральных условиях электромагнитной помеховой обстановки в корабельных помещениях // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 99

Рассмотрены особенности определения параметров электромагнитной обстановки в корабельных помещениях при помехоактивности корабельных технических средств и внешних электромагнитных воздействий. Определены номенклатура и технические характеристики необходимого экспериментального испытательного оборудования. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.12+623.6–523.8 **Ключевые слова:** модернизация, морские средства навигации, надводные корабли, программно-целевое планирование, научно-методическое обеспечение навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения

В.А. Катенин, В.А. Титлянов, П.А. Попоков. О состоянии и проблемных вопросах существующей организации проведения модернизации морских средств навигации на надводных кораблях ВМФ // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 103

Перечислены проблемные вопросы понятийного аппарата по модернизации морских средств навигации современных надводных кораблей ВМФ. Показана необходимость разработки научно-методического аппарата для обоснования приняты управленческих решений по частичной или полной модернизации этих средств в зависимости от ряда оперативно-тактических факторов: решаемых кораблем задач, требований к навигационному обеспечению применения оружия и использования технических средств корабля, управления разнородными силами, обеспечения навигационной безопасности плавания с заданной эффективностью, достижениями науки и техники, а также возможностями промышленного производства по удовлетворению оперативно-тактических требований и др. Библиогр. 12 назв.

УДК 620.17 (075) **Ключевые слова:** корпус судна, коэрцитивная сила, мониторинг прочности, усталость, магнитный паспорт судна, безопасность мореплавания

А.В. Гадеев, А.Б. Максимов, М.В. Гуляев, И.П. Шевченко, И.С. Ерохина. Техническая диагностика прочности корпуса судна – путь к повышению безопасности мореплавания // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 106

Приведены обоснования применения коэрцитиметрии для мониторинга прочности корпуса судна. Предложено использовать магнитный паспорт корпуса судна, в котором от начала его постройки и во время эксплуатации заносятся показания коэрцитивной силы, измеренные в определенных местах конструкции корпуса. По данным значениям коэрцитивной силы определяются степень усталости металла и его остаточный ресурс. Библиогр. 17 назв.

УДК 621.396.932 **Ключевые слова:** спутниковые системы связи, круговые орбиты, зональный луч, межспутниковая связь, терминалы, высокоэллиптические системы

А.И. Кулинич, А.Н. Маринич, А.В. Припотнок, Ю.М. Устинов. Обзор четырех категорий спутниковых систем связи с разными видами орбитальных группировок спутников // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 109

Дан обзор основных характеристик четырех категорий спутниковых систем связи, отличающихся видами орбит спутников. Приведены основные характеристики систем и примеры аппаратуры потребителей. Показана особенность применения различных типов орбит спутников. Т. 1. Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.077.1 **Ключевые слова:** морское нефтегазовое сооружение, маневрирование, планирование маршрута, траектория движения судна

И.О. Маслов. Построение траекторий подхода судов снабжения к морским сооружениям // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 113

Предложен алгоритм построения траекторий движения судна при работе с морским нефтегазовым сооружением. Обобщены существующие требования к маневрированию. Предложен метод обработки картографической информации при построении взвешенного графа и задания весов на основе ограничений скорости. Ил. 7. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», малые ракетные катера, проектирование, модернизация

А.В. Шляхтенко. К полувековому юбилею создания МРК проекта «Овод» // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 117

Знакомит с историей проектирования, постройкой и модернизацией малых ракетных кораблей пр. 1234 «Овод», которые были созданы в 1965 г. Приведены их технические характеристики. Ил. 6.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** В.А. Никитин, биография, эсминец, крейсер

В.Е. Юннин. Выдающийся конструктор-кораблестроитель, учёный и патриот В.А. Никитин // Морской вестник. 2017. № 1(61). С. 119

Знакомит с жизненным путем выдающегося конструктора-кораблестроителя В.А. Никитина, его вкладом в развитие отечественного кораблестроения. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 4 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.

SUMMARIES

UDC 629.57 **Keywords:** dynamically-supported unmanned ships, remote controlled unmanned powerboats, ground effect unmanned ships, air-cushion unmanned ships.

A.A. Shilkin. Peculiarities of civil dynamically-supported unmanned ships complexes creation // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 8

On the basis of results of initial expediency estimation and possibility of sea complexes creation on the basis of dynamically-supported unmanned ships intended for the solution of particular range of tasks in civil field, features of their formation are considered and examples of possible design solutions are given. Fig. 5. Bibliography 6 titles.

UDC 621.314. **Keywords:** dual-mode counter-propeller, multifunctional propulsion device

A.R. Togunyats, L.I. Vishnevsky, S.V. Kaprantsev. Model investigation of hydrodynamic parameters fordual-mode counter-propeller on mooring hawser as means of active control // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 11

The multifunctional two-stage bladed propulsion device is described and it includes dual-mode counter-propeller as a rear mounted stage. The results of model investigations for counter-propellers of various designs on mooring hawser that were executed in the ship experimental tank are presented. The efficiency of dual-mode counter-propeller as the mean of ship active control in comparison with conventional tools is shown (maneuvering propulsion device of ducted propeller type) using large fishing vessel example. Hydrodynamic characteristics of two-stage bladed propulsion device for three main working modes are provided, i.e. full-speed running with energy saving (the counter-propeller is stationary), the low speed running (emergency) under the effect of the counter-propeller and on mooring mode. T. 3. Fig. 4. Bibliography 10 titles.

UDC 629.5.01 **Keywords:** Sakhalin, sea ferry, ice class, security, passenger capacity, hazardous cargo, independence, social task

G.V. Egorov, I.A. Il'nitsky. Substantiation of rail-car-and-passenger ferry parameters for Vanino-Kholmsk shipping line. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61) P. 15

Operational analysis of the Vanino-Kholmsk ferry shipping line is made, and the need of existing ferries replacement is designated. The design of the modern ferry with ice class for independent work on Vanino-Kholmsk shipping line with the characteristics exceeding considerably the characteristics of the existing ferries of «Sakhalin» type is created. T. 4. Fig. 7. Bibliography 7 titles.

UDC 629.12 **Keywords:** vessel, ship, construction, renovation, competitive ability, solution

A.S. Solov'yev, G.V. Taritsa. Schools of marine facilities creation are the most popular solutions for competitive growth in Russian shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 23

An increase of vessels and ships production at the Russian enterprises is predicted, and the factors causing such increase are analyzed. Problems of ship-building enterprises readiness to implement production programs are considered. Solutions to enhance field competitiveness on account of competence increase, improvement of process control system at all stages of life cycle of marine facilities are proposed. The need of marine facilities schools creation that represents a set of measures for collecting, systematization and use of professional information, professional knowledge and skills level increase for the purpose of competence increase at all stages of life cycle of marine facilities is shown.

UDC 629.12.001.2 **Keywords:** life cycle, organizational and management discipline and technology, maturity level of shipyard control processes

A.E. Bogdanov. Conceptual framework development for application of organizational and management technologies at creation and maintenance of marine facilities // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 28

Conceptual framework is proposed and the procedure for applying it as a component of organizational and management technologies and disciplines according to types of control subsystems in information environment of business process engineering for industrial complex of shipyard. T. 2. Fig. 2. Bibliography 3 titles.

UDC 658.531: 629.5.074 **Keywords:** shipbuilding field, reconstruction of shipbuilding production, shipbuilding shop, simulation modelling, physico-mathematical model

V.I. Dorofeev, V.N. Klyakhin, A.B. Phomichev. Physico-mathematical model of shipbuilding shop performance as business subdivision of shipbuilding enterprise // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61) P. 32

The main problems of shipbuilding production reconstruction are analyzed, and its main objectives and tasks are reflected. Special attention is paid to searching of optimal solutions for reconstruction of shipbuilding production. Approaches to modeling are reflected, and the physico-mathematical model of shipbuilding shop performance as structural division of business subdivision of shipbuilding enterprise is developed, and approaches to its application at of shipbuilding production reconstruction are reflected. Fig. 3. Bibliography 5 titles.

UDC 621.643 **Keywords:** Pumori-North-West Ltd., machining centre, composites, characteristics, Ferretti, CMS

L.M. Grin. Application of multifunctional 5-axial portal machining centre of CMS at ship hull production of composite materials // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61) P. 37

The possibilities of multifunctional 5-axial portal machining centre produced by Italian CMS Company are considered. It is used for ship production of composite materials. Fig. 5. Bibliography 1 titles.

UDC 629.5.081.4.002.72 **Keywords:** ship, vessel, foreign construction, import substitution

G.N. Muru. Solving of import substitution problems at repair of ships and vessels of foreign construction // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 41

Problems of ships and vessels of foreign construction repair and their operation is deemed appropriate, and import substitution of equipment set required for their modernization are designated. The examples of successful solving of this problem are shown. Fig. 3.

UDC 338.4 **Keywords:** shipbuilding, price, calculation, marine facilities, method

A.V. Abramov, A.N. Vauchsky, M.A. Zagorodnikov, D.S. Khmara. Practice of expense determination and formation of price for civil marine facilities // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 43

Practice of regulatory and procedural documents application at justification and carrying out complete life cycle cost calculation for the vessel is studied, at examination of vessels construction cost at the ship-building enterprises and atshipbuilding industry institutions of the Russian Federation. On the

basis of revealed problems analysis the propositions on the procedure and method of cost determination on separate costing items are formulated for marine facilities at stages of its projection and construction. T. 1. Bibliography 7 titles.

UDC 3384:658.53:629.5 **Keywords:** analysis, credit policy, key indicators, business estimation, cost, capital structure, efficiency, monetary policy

A.V. Ivankovich. Monetary policy and business estimation in shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2017. № 1 (61). P. 49

Having defined the main conditions that have impact on the company value, the author considers that application of offered modified coefficients is necessary for improved estimation of financial conditions and efficiency of enterprise financial policy. This will allow not just to reveal the existing problems of enterprise liquidity and solvency, but also to determine what reasons might cause them, and also to consider factors of borrowing costs, the required income for this level of a debt load, providing obligations with proprietary funds and probability of risks and force-majeure circumstances. T. 1. Bibliography 3 titles.

UDC 621.165.01 **Keywords:** turbine oil, filter, filtering element, oil purification, separation unit, separation, porous polymeric filtering element, mechanical impurities

S.K. Shin. Technological characteristics of turbine oil purification with polymeric filtering element // Morskoy Vestnik. 2017. № 1 (61). P. 53

Technological characteristics of turbine oil purification with polymeric filtering element are considered. Using the example of turbine oils applied grades, i.e. «ТН-22», «ТН-46» and «Б-3В» the impact of density and kinematic oils viscosity on separation of water and mechanical impurities is shown. T. 1. Fig. 3.

UDC 629.5.015.4 **Keywords:** pressure, bearing, pump, pump cradle, hydraulic motor, calculation, service life, substitute load, equivalent running time, method

Yu.V. Kopytov, V.Yu. Kaminsky, D.A. Skorokhodov. Hydraulic unit service life depending on operational environment and calculation of equivalent running time // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 55

The method of hydraulic unit service life calculation (pumps and hydraulic motors) in random modes other than the basic (nominal) is presented. Examples of received formulas usage are given. It is shown that the given dependences allow calculating the equivalent time corresponding to the main design condition at hydraulic units operation with the random parameters in various conditions and this provides an opportunity to establish in advance the compliance of the actual service life to required one. Presented formulas are applicable for assignment of hydraulic units operating mode required for the accelerated-life test. The developed method can be used at research of hydraulic units constructed according to other design main circuit and also when determining mechanisms service life where pumps of «ПД» type and «ПМ» hydraulic motors are used. T. 7. Bibliography 5 titles.

UDC 621.4 **Keywords:** electrical equipment, import substitution, production quality control, military representative office

S.S. Staroded, A.A. Neyolov. Import substitution and diversification of electrical equipment for marine facilities: experience of Novaya Era OJSC // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 57

Development of domestic technologies for import substitution programs demands the increased production quality control for achievement of their characteristics that meet or exceed the foreign exemplars characteristics. Using the example of Novaya Era OJSC it is shown how did military acceptance quality spread to civil orders and allow diversifying not only production, but also scientific potential of the company.

UDC 629.12.06 **Keywords:** marine propeller, ice float, loads, simulation modelling, ice loads, shaft line

V.K. Rumb. Simulation modelling of loads on shaft line of icebreakers and ice going vessel // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 60

The physico-theoretical description of marine propeller blade force interaction with ice float is provided. Methodical provisions of simulation modelling and prediction algorithm of ice loads on vessel shaft line are considered. Probabilistic law of distributions and their parameters on the basis of toriogram statistical processing, received during ice going vessel operation are proved. T. 2. Fig. 4. Bibliography 6 titles.

UDC 621.3 **Keywords:** vibration isolator, metal reinforcing cable, marine equipment, shock absorber
N.V. Volkova, V.I. Golovanov, Yu.A. Gladilin, E.P. Zhelezov. Application of cable vibration isolator for marine equipment protection // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 65

Advantages of metal flexible parts led to creation of domestic shock-absorbers where metal cable is used as a flexible part. Spiral-cable vibration isolators and cylindrical rope vibration isolators and their features are considered. The specified cable vibration isolators passed complex and interdepartmental tests according to present methodologies at stands of Federal State Unitary Enterprise «Krylov State Research Centre». As a result all required characteristics were defined, and main of them were submitted. It is practical to use domestic cable vibration isolator, first of all, as shock-proof depreciation of equipment, and also in conditions when standard rubber-metal vibration isolators are inapplicable. T. 2. Fig. 2. Bibliography 9 titles.

UDC 621.316.722.016.3 **Keywords:** key unit, three-phase voltage inverter, pulse-duration modulation, harmonic coefficient, frequency spectrum

B.F. Dmitriev, S.Ya. Galushin, A.M. Likhomanov, A.Yu. Rozov. Three-phase sinusoidal modified pulse-duration modulation of first type in independent inverter // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 69

The way of independent voltage inverter control as a part of the ship electrical power system allowing providing the required static and dynamic characteristics of the converter is considered. T. 3. Fig. 11. Bibliography 4 titles.

UDC 629.12 **Keywords:** string vibration, mathematical description, solution

Sh.G. Atiev, M.M. Zaynulabidov. Generalized equation of string vibration and its nonlinear analog // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 74

The article is devoted to determination of the distance between two arbitrary path as nonlinear string vibration. Fig. 1. Bibliography 2 titles.

UDC 629.5:656.6 **Keywords:** e-Navigation, navigational system, electronic navigation charts, sea cloud, communications, link, technologies, strategic project of implementation, test water area, e-sea, intellectual water area, i-Aquatory

G.I. Bezborodov, M.I. Ismagilov. From e-Navigation strategy to i-Aquatory concept // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 77

The analysis of appearance and development of the concept, and then of E-navigation strategy is made, and the generalized characteristic of main provisions of international documents in e-Navigation field is given. Comparative results of main e-Navigation projects for 2006–2016 in the world are given, and the first results of e-Navigation strategy of in Russia are considered. The created test water area of e-Navigation and its constituents are presented, and further possible development of e-Navigation strategy and its organic interfacing with the concept of intellectual water area is shown (i-Aquatory). T. 2. Fig. 6. Bibliography 22 titles.

UDC 629.7025 **Keywords:** intelligence, information, control system, dynamic object, knowledge, expert system, cluster compound, state of space, model, controlling action

K.V. Lapshin, V.A. Nikol'tsev, Yu.A. Yamshchikov. Principles of logic control for complex dynamic objects // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 83

The main approaches of logic control principles for complex dynamic objects (CDO) use are considered. On the basis of submitted concept the architectural solution of intellectual logic control system is developed. As a basis of logic control strategy the search method of optimum controlling influences action with adaptation to changes of the external environment is offered. Fig. 1. Bibliography 3 titles.

UDC 004.658.2 **Keywords:** integrated control system, ICS, system performance, data bases, data synchronization

A.N. Zaytsev, M.S. Saburov. Synchronization of data base tables parameters arranged on the principle of common information space and parameters in CLOC C-structure used as a single set of informational and computing task combat control for integrated control system of the vessel // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 87

The arrangement of database integrated control system interaction which is based on the principle of vessel common information space, operating under database control system management and array data of advanced application (array data in the format of C-structures of integrated control system CLOC) that demand minimum possible system response time, i.e. improved implement response time is analyzed. Fig. 2.

UDC 629.5.06 **Keywords:** network, commutation switch, Ethernet, gateway

A.V. Samoylov, E.V. Korolyov. Improvement of network solution in vessel integrated automated control system // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 91

Features of reserved vessel networks for data exchange systems with the reduced mass-dimensional characteristics are considered. Solutions of cable communications, decreases arrangement of network inventory integrated in networks diagnostic system and required software for this purpose are proposed. Fig. 2. Bibliography 3 titles.

UDC 004.424.27+004.725.4 **Keywords:** data communication, reliability, optimisation, information computer network, percolation, IP telephony, capacity

N.M. Vikhrov, A.P. Nyrkov, A.A. Shnurenko, S.S. Sokolov, A.A. Nekrasova, Yu.K. Polugina. Modern methods of data communication optimization in information computer networks of transport // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 95

Information network capacity reduction, threat of data flow control destruction in networks, need of informational flow redistribution belong to data transmission problems in information computer network. Solution of these problems will lead to operability improvement of data flow control and network in general. It is necessary to provide the most effective usage of band pass, the possibility of network resources dynamic distribution, the higher level of automation and monitoring of computer network. Reliability and continuity of computer network operability are the most important criterion of data transmission optimization. Fig. 4. Bibliography 14 titles.

UDC 621.391.825 **Keywords:** vessel, electromagnetic environment, electromagnetic compatibility, technical facilities, communications-electronics equipment, electromagnetic effect, stability of technical facilities, electromagnetic interference

B.N. Gorodetsky. Modelling of electromagnetic interference environment in full-scale conditions in vessel premises // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 99

Features of electromagnetic environment parameters determination in vessel premises at interference activity of vessel technical facilities and external electromagnetic effects are considered. The nomenclature and performance specifications of required experimental test equipment are defined. Bibliography 10 titles.

UDC 629.12+623.6–523.8 **Keywords:** modernization, marine navigation aids, surface vessel, program and goal-oriented planning, methodological framework of navigational and hydrographical and hydrometeorological support

V.A. Katenin, V.A. Tityanov, P.A. Gaponyuk. On status and outstanding problems of existing problematic issues of modernization of marine navigation aids on surface vessels of the Navy // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 103

Outstanding problems of conceptual framework on modernization of sea navigation aids of the modern surface ships of the Navy are listed. The need of scientific and methodical instrument development for justification of management decision making on partial or complete modernization of these instruments depending on a number of the following operational-tactical factors is shown: tasks solved by the vessel, requirements to weapons application navigation providing and use of vessel technical means, management of all-arms forces, ensuring of sailing navigation safety with the given effectiveness, scientific and technical achievements, and also opportunities of the industrial production on satisfaction of operational and tactical requirements, etc. Bibliography 12 titles.

UDC 620.17 (075) **Keywords:** ship hull, coercive force, durability monitoring, fatigue, magnetic vessel passport, navigation safety

A.V. Gadeev, A.B. Maximov, M.V. Gulyaev, I.P. Shevchenko, I.S. Erokhina. Engineering diagnostics of ship hull durability is the way to navigation safety improving // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 106

Justifications of coercive force metering application for monitoring of ship hull durability are given. It is offered to use the magnetic passport of ship hull where the indications of a coercive force measured in particular places of hull structure are shown from the beginning of its construction and during its operation. Degree of metal fatigue and its residual resource are determined by these values of a coercive force. Bibliography 17 titles.

UDC 621.396.932 **Keywords:** satellite communications system, circular orbit, zonary beam, intersatellite communication, terminals, high-elliptical systems

A.I. Kulinich, A.N. Marinich, A.V. Pripotnyuk, Yu.M. Ustinov. Review of four categories of satellite communications systems with different types of orbital constellation // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 109

Review of four categories of satellite communications systems differing in types of satellite orbit. Main system characteristics and examples of consumers' equipment are given. The peculiarity of different satellite orbits application is shown. T. 1. Fig. 5. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5.077.1 **Keywords:** Marine sea oil and gas facility, manoeuvring, route planning, vessel motion path

I.O. Maslov. Tracing of supply vessel approach to marine facilities // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 113

The algorithm of tracing vessel navigation during the work with sea oil and gas facility is offered. The existing requirements to maneuvering are generalized. The method of mapping information processing at creation of weighted graph and weighting on the basis of speed restrictions is offered. Fig. 7. Bibliography 6 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** Almaz Central Marine Design Bureau JSC, fast attack craft, designing, modernization

A.V. Shlyakhtenko. For the 50th anniversary of «Ovod» Guided Missile Corvette project creation // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 117

This article gets us acquainted with the history of designing, construction and modernization of Guided Missile Corvette «Ovod» (Nanuchka class) project that were created in 1965. Engineering characteristics are reported. Fig. 6.

UDC 629.5 **Keywords:** V.A. Nikitin, biography, destroyer, cruiser

V.E. Yukhnin. Prominent engineer designer in shipbuilding, scientist and patriot V.A. Nikitin // Morskoy Vestnik. 2017. № 1(61). P. 119

This article gets us acquainted with path of life of prominent engineer designer in shipbuilding V.A. Nikitin, his contribution to the development of Russian shipbuilding. T. 2. Fig. 4. Bibliography 4 titles.