

Морской Вестник

№2(58)

И Ю Н Ь

2016

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik

ФИЛЬТРЫ
РАЗЛИЧНЫХ
ТИПОВ



ТОПЛИВО-
ПОДГОТОВКА



ТЕПЛООБМЕННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



ОЧИСТКА ВОЗДУХА
ДЛЯ ГАЗОВЫХ
ТУРБИН И
ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО
СГОРАНИЯ



КОНВЕНЦИОННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



СОВЕРШЕНСТВО
ТЕХНОЛОГИЙ
ПОСТОЯНСТВО
РАЗВИТИЯ

20 ЛЕТ





АО «МОРСКИЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»: 25 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

К.А. Смирнов, ген. директор АО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840

Акционерное общество «Морские навигационные системы» работает на рынке морского и берегового приборостроения с 3 июня 1991 г.

Продукция АО «Морские навигационные системы» – это широкий спектр морской техники, включая интегрированные мостиковые системы, электронные картографические навигационные информационные системы, системы машинных и рулевых телеграфов, комплексы навигационного, гидрографического и гидроакустического оборудования, многолучевые эхолоты, комплексные системы управления техническими средствами, средства радиосвязи, системы пожарной сигнализации и пожаротушения, палубные и вспомогательные механизмы, навигационные тренажеры. Данные изделия в различных комплектациях были поставлены и успешно функционируют на более чем 800 кораблях и судах как отечественной, так и зарубежной постройки.

Нашим заказчикам предоставляются услуги полного технологического цикла:

- проектирование, изготовление,
- комплексирование изделий,
- разработка программного обеспечения,

- монтаж оборудования,
- пусконаладочные работы,
- проведение швартовых и ходовых испытаний,
- гарантийное и послегарантийное обслуживание.

АО «Морские навигационные системы» – один из лидеров отечественного морского приборостроения в области интегрированных мостиковых систем, электронных картографических навигационных информационных систем, систем машинных и рулевых телеграфов, комплексов навигационного гидрографического и гидроакустического оборудования.

Наше предприятие было пионером в разработке, изготовлении и поставке

первых интегрированных мостиковых систем для кораблей ВМФ. Нам принадлежит патент на изобретение «Корабельная интегрированная мостиковая система» № 2453909, зарегистрирован в Госреестре 20.06.2012 г. Сейчас интегрированная мостиковая система (ИМС) серийно поставляется на большинство новых проектов надводных кораблей – это фрегаты, корветы, большие десантные и малые артиллерийские корабли и противодиверсионные катера ВМФ, катера береговой охраны ФСБ России и на суда специального назначения.

ИМС объединяет корабельные средства управления, связи, навигации, освещения обстановки, индикации, сигнализации и обеспечивает высокую эффективность управления заказом в целом. Она выполнена с учетом современных требований эргономики.



В развитие данной тематики был создан комплекс технических средств безопасности подводной акватории, основным принципом работы которого является организация контрольно-досмотровых рубежей с целью предотвращения террористических актов.

АО «Морские навигационные системы» разрабатывает, производит и поставляет заказчикам электронные картографические навигационные информационные системы (ЭКНИС). Для боевых кораблей по требованию заказчика в систему включаются модули решения специальных задач. К настоящему времени уже поставлено более 300 ЭКНИС «Аляска-Ч» различных модификаций как в рамках государственного оборонного заказа, так и с использованием межзаводской кооперации. Приказом министра обороны РФ ЭКНИС «Аляска-Ч» принята на снабжение Вооруженных сил РФ.

На базе ЭКНИС разработан для ВМФ автономный мобильный комплект флагманского штурмана. Приказом министра обороны автономный мобильный комплект флагманского штурмана принят на снабжение Вооруженных сил РФ.



В серийном производстве находятся системы машинных и рулевых телеграфов, выполненные на современной элементной базе и обеспечивающие как резервированную, помехоустойчивую

связь между постами корабля, так и выдачу информации в регистрирующие устройства.



АО «Морские навигационные системы» был разработан специализированный тренажерный комплекс (СТК) «Регель» для подготовки офицеров-штурманов, флагманских штурманов и гражданских судоводителей. Приказом министра обороны СТК «Регель» также принят на снабжение Вооруженных сил РФ.

Далее см. с. 6

Морской Вестник



№2(58)

И Ю Н Ь

2016

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

Е.М. Апполонов, и.о. ректора СПбГМТУ

Члены совета:

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»

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

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 ОАО «ГНИНГИ»

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

А.Э. Исаакян, генеральный директор

АО «Группа «Кронштадт»

Л.М. Клячко, научный руководитель АО «ЦНИИ "Курс"»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»

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

Л.Г. Кузнецов, председатель совета директоров

АО «Компрессор»

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

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.В. Самсонов, ВРИО директора ЗАО «ЦНИИ СМ»

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Экспресс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "Морфлот"»

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. Щербачев, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- К.А. Смирнов.** АО «Морские навигационные системы»: 25 лет на службе Отечеству 1
- Е.М. Апполонов, Г.Ф. Демешко, Г.Б. Крыжевский, В.М. Шапошников, В.В. Якимов.** Регламентация локальных ледовых нагрузок и проектирование противоледовой защиты морских ледостойких сооружений 9
- В.А. Мацкевич, О.Я. Тимофеев, А.Ф. Судеревский.** Возрождение неатомного ледоколостроения России. Часть 2 13
- К 85-летию В.А. Мацкевича** 16
- П.А. Шауб, С.В. Московкина.** Определение периода свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде для общего случая нелинейной диаграммы остойчивости 17
- И.К. Бородай, С.Г. Живица, В.Г. Платонов.** Проблемы мореходности в решении задач проектирования современных кораблей. Часть 1 19
- Н.В. Волкова, В.И. Голованов, С.Ю. Никишов.** Судовые виброизолирующие подвески трубопроводов 25

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- А.С. Соловьев.** Актуальные вопросы гражданского судостроения на российских верфях: «бизнес есть бизнес» 29
- А.В. Иванкович.** Использование математического инструментария для решения задач финансового менеджмента на предприятии 35
- С.Д. Либ.** Замена импортных агрегатов системы пенного пожаротушения машинных отделений корабля иностранной постройки на современные аналоги 41
- А.Г. Филимонов, А.О. Федорцев.** Технология снижения потерь электроэнергии и повышения энергобезопасности 42
- В.П. Лянзберг.** Несущая способность оболочек из неорганического стекла при гидростатическом нагружении 47
- К.Ю. Шилов.** С юбилеем! К 160-летию ООО «Балтийский завод–судостроение» 49

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- И.С. Суховинский.** «Винета» отмечает 20-летний юбилей 50
- Э.Г. Берестовицкий, П.И. Кизилов, А.Н. Крючков, М.А. Ермилов.** Исследования гидродинамического шума проточных элементов клапанной арматуры судовых систем управления 52
- Д.В. Умяров, П.Ю. Катаев.** Реверс и разворот. К вопросу оптимального способа торможения судна, оборудованного винторулевыми колонками 55
- А.В. Самсонов, Ю.В. Копытов, В.Ю. Каминский.** Принципы определения долговечности насосов переменной производительности в составе рулевых машин 59



А.А. Нейлов, М.П. Тихомиров, Ю.В. Симакова, А.О. Квашнин. Решение задач координации электрических защит и диагностики состояния изоляции морских объектов при помощи электрооптических кабелей	63
С.В. Забейжайло. Новые разработки в судовом арматуростроении	67
А.С. Петрушенко, О.В. Епифанов. Прямоходный привод судовой арматуры	71

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Д.Е. Лейкин, С.Е. Новиков. Гидроакустическая навигационная система подводного позиционирования	73
Ю.Ф. Подопрёкин, Д.А. Шенета, А.М. Махлин, А.Ю. Каплин. Цифровые обнаружители сверхширокополосных импульсных сигналов	77

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

А.М. Тихоненко, О.М. Рогов. Стрелять разрешается. Система совместного безопасного применения оружия	81
В.Ю. Волков, Б.В. Грек, К.Ю. Шилов. Бортовой тренажер КСУ ТС типа «Фауна» кораблей Зеленодольского ПКБ. Часть 1	85
П.И. Малеев, А.Б. Фёдоров. Технично-технологические решения по обеспечению безопасности морских акваторий от опасностей техногенного происхождения	89
В.Н. Илюхин. Особенности, тенденции и основные направления современного развития средств и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. Часть 1	93
С.М. Слободян, А.А. Цупин. Повышение безопасности оптических указателей высокоточного ориентирования	98
А.Г. Егоров. Анализ аварийности барже-буксирных составов внутреннего и смешанного река-море плавания	103
А.Н. Суслов, В.Ю. Семенова, М.А. Кутейников. Система оперативной оценки остойчивости судна	111
И.А. Русинов, И.А. Гаврилова, А.Г. Нелогов. Коротко о линейных конференциях	113

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

В.Е. Юхнин. «Беркуты» – большие противолодочные корабли проектов 1134, 1134А и 1134Б	116
Д.Ю. Литинский. Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 1	123
И.В. Иванов. П.А. Черновехский. К 100-летию со дня рождения	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

В.Н. Глебов, канд. эконом. наук

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Д.В. Казунин, д-р техн. наук

Р.Н. Караев, канд. техн. наук

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

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачев, 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. Подопрёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Прякин, 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. Ильичева

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

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

Учредитель-издатель

ООО «Издательство «Мор Вест»»,

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н.

Электронная версия журнала

размещена на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.ru и включена

в Российский индекс научного цитирования

Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»

включен в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест».

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс».

Тираж 1000 экз. Заказ № 813

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



Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

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

E.M. Appolonov, Acting rector SPbSMTU

Council Members:

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

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

A.E. Isaakyan, General Director

JSC «Kronstadt Group»

L.M. Klyachko, Scientific head of CSRI KURS

E.V. Komrakov, Adviser to General Director

JSC USC – Technology

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, General Director JSC 51 CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

A.V. Samsonov, Acting General Director JSC CRISM

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

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

G.R. Tsaturov, General Director

JSC LSBY Pella

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- K.A. Smirnov**. JSC «Marine bridge and navigation systems»: 25 years in the service of the fatherland 1
- E.M. Appolonov, G.F. Demeshko, G.B. Kryzhevich, V.M. Shaposhnikov, V.V. Yakimov**. Regulation of local ice loads and designing of marine ice-resistant facilities 9
- V.A. Matskevich, O.Yu. Timofeev, A.F. Suderevsky**. Revival of non-atomic ice-breaker construction in Russia. Part 2 13
- To the 85-th anniversary of V.A. Matskevich
- P.A. Shaub, S.V. Moskovkina**. Free oscillation periods determination upon the damaged vessel while in smooth waters for general cases of stability non-linear diagram 17
- I.K. Boroday, S.G. Zhivitsa, V.G. Platonov**. Seakeeping performance and issues, concerning designing of modern vessels. Part 1 19
- N.V. Volkova, V.I. Golovanov, S.Yu. Nikishov**. Vibration-isolating suspension brackets for pipelines 25

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- A.S. Solov'yev**. Current issues of commercial shipbuilding and Russian shipyards exploiting: «business is business» 29
- A.V. Ivankovich**. Applying math tools for financial management at the enterprise ... 35
- S.D. Lib**. Replacement of foreign-made details for foam-based extinguishing systems, designed for usage in the engine rooms of a vessel and construction of modern equivalents 41
- A.G. Filimonov, A.O. Fedorzev**. The technology of decreasing electric power losses and enhancing the security of energy supply 42
- V.P. Lyanzberg**. Load-carrying capability of inorganic glass-made coating in hydrostatic loading conditions 47
- K.Yu. Shilov**. Congratulations on the anniversary! On the 160th anniversary of JSC «Baltic Shipyard» 49

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- I.S. Sukhovinskiy**. «Vineta» is celebrating its twentieth anniversary 50
- E.G. Berestovitsky, P.I. Kizilov, A.N. Kryuchkov, M.A. Ermilov**. Survey of hydrodynamic noise in the flowing elements of valve accessory within the vessel's operating system 52
- D.V. Umyarov, P.Yu. Kataev**. Reversing motion and swinging. Variants that may ease stopping of a vessel, equipped with steerable propellers 55



A. V. Samsonov, Yu. V. Kopytov, V. Yu. Kaminsky. Principles for variable-output pumps durability calculation within steering machinery	59
A. A. Neelov, M. P. Tihomirov, Yu. V. Simakova, A. O. Kvashnin. Coordination of electrostatic protection systems operation and marine objects isolation using electro-optic cables.....	63
S. V. Zabezhailo. Innovations in marine valve industry.....	67
A. S. Petrushenko, O. V. Epifanov. Linear drive for ship accessory	71

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

D. E. Leikin, S. E. Novikov. Underwater acoustic system.....	73
Yu. F. Podoplekin, D. A. Shepeta, A. M. Makhlin, A. Yu. Kaplin. Digital ultra-wideband impulse signals detectors	77

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

A. M. Tikhonenko, O. M. Rogov. Engagement is authorized. System of Safe and Combined Weapon Employment.....	81
V. Yu. Volkov, B. V. Grek, K. Yu. Shilov. «Fauna» type shipboard simulator IMAS (Integrated Marine Automation Systems) by Zelenodolsk Design Bureau. Part 1	85
P. I. Maleev, A. B. Fyodorov. Technical and technological measures for enforcing environmental marine precautions.....	89
V. N. Ilukhin. Features and basic trends for development of modern rescue equipment and activity, conducted in maritime conditions. Part 1	93
S. M. Slobodyan, A. A. Tsupin. Security enhancement for high-precision optical indicators and orienting, while utilizing them.....	98
A. G. Egorov. Analyzing breakdown susceptibility of combined navigation vessels, tug and tow vessels.....	103
A. N. Suslov, V. Yu. Semenova, M. A. Kuteinikov. Stability evaluation system.....	111
I. A. Rusinov, I. A. Gavrilova, A. G. Nelogov. Freight conferences in a nutshell	113

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

V. E. Yukhnin. The «Berkuts» – large anti-submarine ships of projects 1134, 1134A and 1134B	116
D. Yu. Litinsky. Border guard ship «Tarantul». Part 1	123
I. V. Ivanov, P. A. Chernoverkhsky. On 100 th anniversary of birthday	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.

V. N. Glebov, Ph. D.

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. Rusetsky, 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 № 813

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.



На сегодняшний день поставлено в учебные центры и военно-морские институты ВМФ девять СТК «Регель».

28 марта 2016 г. министр обороны России посетил Балтийский военно-морской институт в г. Калининграде. Во время посещения института он ознакомился с обучением курсантов и офицеров на СТК «Регель», разработанным, изготовленным и поставленным в институт нашим предприятием. В этом году планируется по государственному оборонному заказу поставить в учебные центры ВМФ еще два СТК «Регель». В настоящее время СТК «Регель» дорабатывается для установки на учебных кораблях.

В последнее пятилетие на предприятии разрабатывается новая тема – создание с применением самых передовых отечественных и зарубежных технологий навигационных и навигационно-гидроакустических комплексов, систем многолучевых эхолотов для исследовательских подводных объектов, комплексов навигационно-гидрографического и гидроакустического оборудования для океанографических судов, а также систем активных сонаров.

Кроме выполнения заказов военного направления АО «Морские навигационные системы» активно работает на рынке обеспечения топливно-энергетического комплекса (ТЭК), выполняя проектные работы и создавая высокотехнологичное оборудование для объектов добычи, транспортировки нефти и газа, систем обеспечения их безопасности. Оборудование и услуги, предоставляемые нашим предприятием, рассчитаны на морскую, шельфовую и континентальную составляющие этой отрасли, ее инфраструктуру. Предприятие осуществляет комплексное

снабжение объектов нефтегазодобычи, отгрузочных, трубопроводных и транспортных сегментов, нефтеобработывающих предприятий и судов. В активе предприятия – оснащение танкеров «Пулково», «Астрахань», «Магас», «Калининград» для компании «Лукойл – Арктик-Танкер», танкеры «Михаил Ульянов» и «Кирилл Лавров» для компании «СОВКОМФЛОТ». В настоящее время широкое распространение получила «Программа развития рыбопромыслового флота». Строительство новых судов, их проектирование и оснащение ведется крупнейшими предприятиями России с активным участием в том числе и АО «Морские навигационные системы».

В рамках импортозамещения предприятие за собственные средства разрабатывает линейку корабельных и судовых приборов и комплексов отечественного производства.

Работа над такими заказами требует высокой квалификации персонала, соответствующего уровня технического оснащения предприятия и высокого качества выпускаемой продукции.

На предприятии разработана и успешно функционирует система менеджмента качества. Она соответствует требованиям ГОСТ ISO 9001–2011 и ГОСТ РВ 0015–002–2012. Предприятие соответствует требованиям классификационных обществ Российского морского регистра судоходства, Российского речного регистра и Germanischer Lloyd.

АО «Морские навигационные системы» имеет все необходимые ресурсы (документальные, кадровые, метрологические и материально-технические) для качественного выполнения работ и услуг на должном научно-техническом уровне.

АО «Морские навигационные системы» постоянно участвует в демонстрации своих изделий на выставках Международного военного-морского салона и Международного гражданского судостроения «Нева».

Приказом министра промышленности и торговли Российской Федерации с 2013 г. АО «Морские навигационные системы» включено в состав Сводного реестра предприятий оборонно-промышленного комплекса (раздел «Судостроительная промышленность»).

За высокий профессионализм и личный вклад в развитие отечественного судостроения предприятие награждено Дипломом Законодательного собрания Санкт-Петербурга, имеет благодарности губернатора Санкт-Петербурга, Комитета по промышленной политике и инновациям города и Администрации Кировского района, а ряд сотрудников награждены государственными наградами и получили благодарности от министра промышленности и торговли Российской Федерации, Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга и Администрации Кировского района.

Залогом постоянного динамичного развития компании является высокопрофессиональный научно-производственный ресурс, накопленный опыт работы в масштабных отраслевых проектах и инженерный потенциал, что позволяет осуществлять мониторинг потребности рынка, выпускать продукцию высокого качества.

Наш девиз – «Компетентность и качество».

АО «Морские навигационные системы» уверенно смотрит в завтрашний день и всегда готово к деловому и взаимовыгодному сотрудничеству со всеми предприятиями и организациями, работающими на благо России. ■

ВВЕДЕНИЕ

Объектами исследований в опытно-конструкторской работе, выполненной по заказу Минпромторга России в рамках федеральной целевой программы Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом (СПБГМТУ) совместно с Крыловским государственным научным центром (КГНЦ), Центральным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом морского флота (ЦНИИМФ) и Дальневосточным федеральным университетом явились конструкции ледовой защиты (ледового пояса и райзеров) перспективных морских ледостойких сооружений различного типа, предназначенных для эксплуатации на арктическом шельфе, с целью повышения точности и достоверности прогнозирования действующих на эти конструкции ледовых нагрузок. Конструкции ледового пояса таких сооружений и защиты райзеров имеют большую материалоемкость и стоимость изготовления, но остаются малонадежными и требуют доработки в процессе эксплуатации из-за малой изученности, отсутствия рекомендаций по их рациональному конструированию и типовой рабочей конструкторской документации (РКД) с отработанными техническими решениями. Для ожидаемых ледовых нагрузок, таким образом, по требованиям безопасности недопустима их недооценка, а по экономическим соображениям чрезмерная переоценка их величин приводит к значительному росту проектной и строительной стоимости и без того дорогостоящих сооружений и к снижению их эффективности. Решение названных проблем имеет целью снижение себестоимости добычи углеводородов на шельфе РФ за счет уменьшения строительной стоимости сооружений и материалоемкости при обеспечении требуемого уровня их эксплуатационной безопасности, а в целом – достижение конкурентоспособности новой российской продукции и решение задачи импортозамещения.

Комплексное решение проблемы оценки величин ледовых нагрузок на конструкции морских ледостойких сооружений не представляется возможным без унификации нормативной базы, проведения натурных и модельных испытаний, компьютерного моделирования, разработки практических рекомендаций по конструированию и нормированию прочности конструкций ледовой защиты.

1. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ В ЛЕДОВОМ БАССЕЙНЕ МАЛОМАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Для проведения экспериментальных исследований в ледовом бассейне были изготовлены две маломасштабные схематизированные модели плоскостных перекрытий ледостойкого сооружения с одинаковой конструкцией, но значительно отличающиеся по общей податливости за счет использования креплений различной жесткости: податливость модели с длинной консолью превышала в 50 раз податливость модели с короткой консолью. Фотографии погруженных в воду в ледовом бассейне моделей на буксировочной тележке перед началом испытаний представлены на рис. 1 и 2.

Испытания проведены в ледовом опытовом бассейне КГНЦ в режиме буксировки в неподвижном ледяном образовании – сплошном ровном ледяном поле толщиной ок. 0,05 м, варьировалась скорость буксировки. Использовался

РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВОЛЕДОВОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ ЛЕДОСТОЙКИХ СООРУЖЕНИЙ

Е.М. Апполонов, д-р техн. наук, проф., и.о. ректора,
Г.Ф. Демешко, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, СПБГМТУ,
Г.Б. Крыжевнич, д-р техн. наук, проф., начальник сектора,
В.М. Шапошников, канд. тех. наук, начальник отделения,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
В.В. Якимов, ст. преподаватель, СПБГМТУ,
контакт. тел. (812) 714 0761



Рис. 1. Модель большой податливости («мягкого крепления»)



Рис. 2. Модель малой податливости («жесткого крепления»)

моделированный лед двух структурных типов – гранулированный (типа «fine-grain») и столбчато-кристаллический.

Анализ результатов испытаний показал следующее:

- взаимодействие моделей со льдом гранулированной структуры сопровождается дроблением льда и периодическими продавливаниями массы накопленной ледяной крошки ледяного покрова;
- при взаимодействии моделей со льдом столбчато-кристаллической структуры разрушение ледяного покрова происходит изгибом вследствие потери устойчивости ледяной пластины при приложении горизонтальной силы, при этом процесс сопровождается непродолжительными периодами дробления льда и образования сколов;
- имеет место существенное влияние скорости буксировки моделей, т.е. в действительности скорости дрейфа льда, на величину глобальной и локальной ледовых нагрузок для названных структурных типов льда и для двух вариантов крепления моделей;

- при взаимодействии моделей со льдом столбчато-кристаллической структуры ледовые нагрузки оказываются значительно выше, чем при их взаимодействии со льдом гранулированной структуры той же толщины, что объясняется более низкими прочностными характеристиками последнего;
- податливость модели слабо влияет на величину нагрузок от воздействия гранулированного льда вследствие вязкого характера его разрушения; в то же время при жестком креплении модели отмечается существенное увеличение нагрузки от воздействия столбчато-кристаллического льда, для которого характерно хрупкое разрушение, из чего следует, что должны учитываться процессы накопления и высвобождения потенциальной энергии при деформировании упругой модели, незначительные при вязком разрушении.

2. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ПОЛУНАТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕДОВОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКОЙ ЛЕДОСТОЙКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях работы конструкций на восприятие ледовых нагрузок из судостроительной стали нормальной прочности марки СтЗсп5 были изготовлены две полунатурные конструкции ледовой защиты морской ледостойкой платформы. В первом (базовом) варианте конструкции балки набора обоих направлений выполнялись из сварного таврового профиля одинаковой высоты. Во втором (оптимизированном) варианте конструкции пересекающиеся балки набора выполнялись из сварного таврового профиля разной высоты, причем более высокие балки набора располагались вдоль короткой стороны опорного контура. Конструктивные схемы испытываемых конструкций ледовой защиты показаны на рис. 3 и рис. 4. Испытания полунатурных конструкций ледовой защиты были проведены на «машине универсальной гидравлической» МУГ-3000 КГНЦ.

Каждая конструкция испытывалась последовательно в три этапа путем ступенчатого статического нагружения: на воздействие расчетной нагрузки; на воздействие предельно допустимой неразрушающей нагрузки; до момента потери несущей способности (до разрушения). Нагружение конструкций выполнялось через индентор, состоящий из стальной обоймы и деревянного заполнителя, контактирующего с наружной поверхностью обшивки.

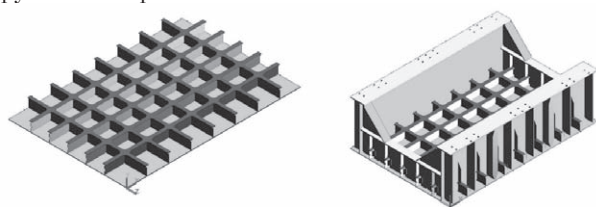


Рис. 3. Базовый вариант исполнения конструкции ледовой защиты

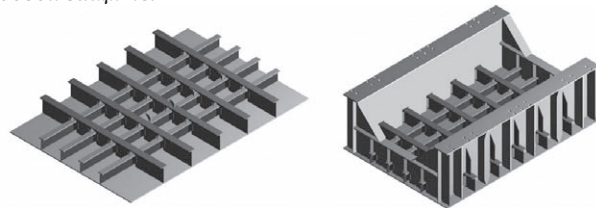


Рис. 4. Оптимизированный вариант исполнения конструкции ледовой защиты

По результатам этих испытаний сформулированы рекомендации по конструированию ледовой защиты перспективных морских ледостойких сооружений:

- использование конструкции с балками набора одинаковой высоты представляется целесообразным при опорном контуре перекрытия, близком к квадратному; при заметном

- различии сторон опорного контура перекрытия оказывается рациональным использование балок набора разной высоты, причем более высокие балки набора должны располагаться вдоль короткой стороны опорного контура;
- при использовании оптимизированного варианта конструкции момент сопротивления балок рамного набора должен в 2,0–2,5 раза превышать момент сопротивления балок основного набора; во избежание местной потери устойчивости стенками балок набора пролет между ними не должен превышать трех высот; во избежание скручивания поясков рамных балок на них требуется установка промежуточных книц посередине пролетов;
- следует ограничить использование стыковых сварных соединений с односторонней разделкой кромок толщинами листового материала 10 мм и менее; при толщинах листов, характерных для функционирующих в условиях Арктики ледостойких морских платформ, рекомендуется использовать стыковые сварные соединения с двухсторонней разделкой кромок.

3. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РАЗДЕЛА УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ ПРАВИЛ РМРС ПО РЕГЛАМЕНТАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК И НОРМИРОВАНИЮ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕДОВОЙ ЗАЩИТЫ

В настоящее время определение локальных нагрузок от воздействия льда на конструкции морских инженерных сооружений реализуется в соответствии с требованиями ряда нормативных документов.

В 2010 г. вступил в действие международный стандарт ISO/FDIS 19906 «Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures» [2], рекомендации которого в части определения ледовых нагрузок на конструкции морских ледостойких сооружений по сравнению с другими нормативными документами отличаются высокой теоретической и экспериментальной обоснованностью и на сегодня наиболее полно отражают современные достижения в области ледотехники. В этом стандарте расчет локальных ледовых давлений предлагается выполнять на основе общепризнанных теоретических методов или результатов полномасштабных измерений с учетом фактических гидрометеорологических и ледовых особенностей района эксплуатации сооружения. Так, расчетное значение предела прочности льда на сжатие назначается с учетом климатических и ледовых условий регионов эксплуатации. В качестве основного критерия замерзающих акваторий рассматривается сумма градусо-дней мороза в регионе за зиму. Градация регионов: арктический регион с суммой градусо-дней мороза, равной или превышающей 4000 (пример: море Бофорта); субарктический – 2000 (пример: Охотское море к северо-востоку от о. Сахалин); умеренный – 1000 (примеры: Охотское море – Анивский залив, север Каспийского моря, Балтийское море). Отечественный аналог этого стандарта с 2011 г. – ГОСТ Р ИСО 19906 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа» [3].

Вместе с этим специальные требования к назначению расчетных величин локальных ледовых давлений на конструкции морских ледостойких сооружений содержатся в документах ряда классификационных обществ: в совместных Правилах Норвежского Веритас и Германского Ллойда (DNV/GL) и в Правилах классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ РМРС [4, 5]. Другие Правила – Американского бюро судоходства (ABS), Бюро Веритас (BV), Корейского Регистра судов (KR), а также Финско-шведские Правила ледового класса не соответствуют форме и содержанию стандарта ISO/FDIS 19906, Правил DNV/GL и Правил РМРС, так как регламентируют аналогичные процедуры назначения проектных величин локальных ледовых давлений на конс-

трукции помимо морских ледостойких сооружений, еще и судов ледового плавания. Сопоставлять ледовые нагрузки на суда ледового плавания и на морские сооружения некорректно, так как имеет место большое влияние скорости проникания конструкций в ледовое поле. Она многократно отличается у судов активного ледового плавания и у морского сооружения, из-за чего ледовые воздействиями интенсивнее.

Анализ требований действующих Правил РМРС к назначению величин локальных ледовых давлений на конструкции рассматриваемых сооружений показал, в частности:

- отсутствует гармонизация действующей редакции Правил РМРС с ранее выпущенными нормативными документами – международным стандартом ISO/FDIS 19906 и совместными Правилами Норвежского Веритас и Германского Ллойда (DNV/GL);
- в формуле для определения локального давления действующих Правил РМРС (в отличие от стандарта ISO/FDIS 19906 и совместных Правил Норвежского Веритас и Германского Ллойда (DNV/GL)) отсутствует рекомендация по назначению предела прочности льда на сжатие; при этом, как видно из формулы, значение прочности льда на сжатие (предел такой прочности интерпретируется как некоторая наибольшая величина, регистрируемая в районе эксплуатации морского сооружения) фактически определяет уровень ледовых давлений;
- локальные давления на ребра жесткости и пластины ледового пояса, оцениваемые в соответствии со стандартом ISO/FDIS 19906, существенно превышают значения, прогнозируемые по требованиям Правил РМРС, в то же время расчетные давления льда для перекрытий ледового пояса, рассчитанные по Правилам РМРС, значительно превосходят величины согласно стандарту ISO/FDIS 19906 для всех возможных районов эксплуатации сооружений (арктических, субарктических и умеренных);
- не учитывается влияние на величины локальных ледовых нагрузок толщины льда, сталкивающегося с сооружением, соотношения между толщиной льда h и вертикальным размером элемента конструкции ледового пояса b ;
- приведенная формула для определения ледового давления не охватывает сооружения с наклонными плоскими гранями.

Имеется еще ряд потребовавших корректировки положений действующих Правил РМРС.

Вместе с тем в ходе выполнения работы по совершенствованию действующих Правил РМРС и гармонизации их с упомянутыми нормативными документами учитывались результаты проведенных экспериментальных исследований и результаты анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования, постройки и эксплуатации морских ледостойких сооружений [6]. Были разработаны следующие рекомендации по внесению изменений в действующие требования Правил РМРС:

- локальные ледовые давления на конструкции ледостойких сооружений должны определяться с учетом параметров, характеризующих физико-механические свойства льда;
- расчетное значение предела (индекса) прочности льда на сжатие назначается с учетом климатических и ледовых условий регионов эксплуатации сооружений и принимается равным 2,8 МПа для арктических регионов, 2,4 МПа – для субарктических и 1,8 МПа – для умеренных, при этом в качестве основного критерия деления замерзающих акваторий на регионы рассматривается упомянутая выше сумма градусо-дней мороза за зиму, характеризующая суровость условий образования льда;
- если прочность льда в акватории базирования объекта отличается от прочности в упомянутых выше регионах, расчетное значение предела прочности льда на сжатие уточняется на основе данных по индентированию льда с помощью скважинного домкрата или по анализу данных по содержанию рассола и воздуха в ледяных образованиях;
- для повышения достоверности прогноза нагрузок рекомендуется выполнять оценку локальных давлений, создаваемых как тонким однолетним льдом, так и массивными ледяными образованиями толщиной более 1,5 м. При этом учитывается влияние на ледовые нагрузки соотношений между геометрическими параметрами конструкции и толщиной льда, ибо тонкий лед и массивные образования вызывают существенно различные физические процессы силового воздействия на конструкции;
- локальные ледовые нагрузки, создаваемые тонким однолетним льдом, должны рассчитываться с учетом соотношения между толщиной льда и вертикальным размером конструкции ледового пояса;
- давление от нагромождений обломков льда (в том числе от килей и парусов торосов) на участки поверхности, на которых не происходит непосредственного разрушения льда,

рекомендуется принимать равным 0,5 МПа;

- при расчете прочности конструкции на действие ледовых нагрузок рекомендуется различать следующие случаи нагружения: нагружена конструкция в целом; нагружены перекрытия конструкции; нагружены отдельные элементы перекрытия – пластины, ребра жесткости; в расчетах локальной ледовой прочности элементов ледового пояса необходимо учитывать нагрузочные эффекты от среднего глобального давления льда на смежных элементах или участках сооружения;
- предлагается уточнять локальную ледовую нагрузку на основе специальных модельных испытаний по ее определению параллельно с модельными испытаниями морского сооружения на глобальную нагрузку, где моделируются физико-механические свойства льда и особенности самого объекта и впоследствии выполнять пересчет как глобальной, так и локальной ледовых нагрузок на натуральный объект.

Предлагаемые рекомендации улучшают согласование прогнозируемых нормативных ледовых нагрузок с имеющейся базой экспериментальных данных. Рекомендации обеспечивают такое прогнозирование локальных давлений, при котором они никогда не будут меньше глобальных давлений льда, благодаря чему снимается существующее в стандарте ISO/FDIS 19906 противоречие между методами расчета глобальных и локальных ледовых нагрузок.

Предложения по усовершенствованию Правил РМРС апробированы при выполнении базировавшегося на использовании предложенных новых расчетных зависимостей комплекса тестовых расчетов ледовых нагрузок на конструкции реальных ледостойких сооружений («Шельф 7», терминал «Варандей», МЛСП «Приразломная» и др.).

Новая редакция Правил РМРС для рассматриваемых сооружений прошла экспертизу в ЦНИИМФ и получила одобрение РМРС [7].

4. ПОЛУЧЕНИЕ ОХРАННОСПОСОБНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В ходе выполнения ОКР «Платформы–лед–конструкция» была разработана методика расчета параметров прочности наружной обшивки в районе ледового пояса с учетом фактического технического состояния конструкции, в настоящее время охраняемая в режиме коммерческой тайны (ноу-хау). Соответствие ее мировому уровню подтверж-

дено свидетельством о государственной регистрации разработанной расчетной программы для ЭВМ [8]. Предусматривается реализация расчетов упругого, упругопластического и предельного состояния прямоугольных пластин, жестко заделанных или свободно опертых по кромкам, на восприятие локальной нагрузки в зависимости от конкретных характеристик ее распределения. Задача упруго-пластического изгиба наружной обшивки, представляющая практический интерес с точки зрения повреждаемости реальных конструкций, решается с использованием метода упругих решений А. А. Ильюшина в сочетании с методом конечных разностей (методом сеток) и итерационной процедурой. Реализуется возможность задавать диаграммы «напряжение – деформация» для идеального упруго-пластического материала и для материала, обладающего линейным или нелинейным (степенным) упрочнением при наличии или отсутствии площадки текучести. Методика может использоваться для задач, связанных с расчетом пластин на восприятие локальной нагрузки: проектированием наружной обшивки в районе ледового пояса морских судов и инженерных сооружений; определением остаточных деформаций и вызывающих их нагрузок; построением кривых строительной и фактической прочности по заданному остаточному прогибу и др.

В ходе выполнения ОКР «Платформы–лед–конструкция» были предложены новые технические решения, относящиеся к стальным морским ледостойким сооружениям, в частности, к ледовому поясу опорных колонн полупогружных плавучих буровых установок [9]. Рассматривались конструкции ледового пояса, состоящие из горизонтально ориентированных балок и пересекающих их балок другого (перпендикулярного) направления, которые в первом варианте выполнены гофрированными и имеют несимметричное поперечное сечение, а во втором варианте выполнены составными и включают в себя сквозные (неразрезные) балки с внутренней стороны обшивки, а с наружной стороны – дополнительные балки, содержащие две наклонные стенки (рис. 5 и 6).

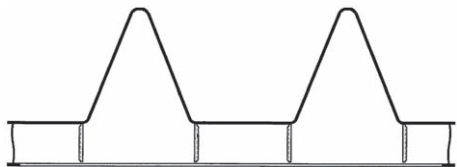


Рис. 5. Вариант исполнения конструкции ледового пояса с гофрированными балками

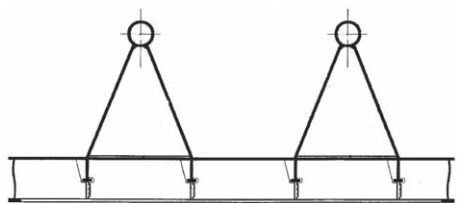


Рис. 6. Вариант исполнения конструкции ледового пояса с составными балками

Предлагаемые конструктивные решения позволяют снизить ледовые нагрузки на отдельные конструкции морского ледостойкого сооружения и на сооружение в целом, уменьшить материалоемкость конструкции ледового пояса и трудоемкость работ в случае необходимости ее усиления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты, вобравшие в себя обширный отечественный и зарубежный опыт исследований, проектирования, постройки и эксплуатации арктических ледостойких сооружений, базируются на проведенных в рамках ОКР экспериментальных исследованиях разрушения полунатурных конструкций ледовой защиты и испытаниях в ледовом бассейне маломасштабных моделей морской ледостойкой

платформы различной податливости. Они содержат надежную нормативную базу, проектные рекомендации, комплект типовых конструкций ледовой защиты в виде электронного каталога и их альбомов. В целом это должно повысить (на 10–15%) эксплуатационную надежность и экологическую безопасность работающих на арктическом шельфе сооружений при одновременном снижении (на 10%) материалоемкости конструкций ледовой защиты.

Среди совокупности новых результатов наиболее значимы следующие:

- оригинальные методики и методические рекомендации по расчетно-экспериментальному определению локальных ледовых нагрузок на конструкции ледового пояса одновременно с глобальной ледовой нагрузкой на сооружение, в том числе с использованием методов и средств гибридного инжиниринга, позволяющих увеличить достоверность и точность оценок нагрузок от воздействия льда, и с учетом таких факторов, как свойства льда в различных морских регионах, его торошение, упругость конструкций, динамика взаимодействия конструкций со льдом;
- усовершенствованный и гармонизированный с требованиями стандарта ISO/FDIS 19906 получивший одобрение РМРС проект раздела его Правил по регламентации локальных ледовых нагрузок и нормированию прочности конструкций ледовой защиты;
- электронный каталог и альбомы РКД типовых конструкций ледовой защиты сооружений и райзеров плавучих буровых установок, разработанный по результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований;
- алгоритмы и компьютерные программы расчета параметров прочности наружной обшивки в районе ледового пояса с учетом фактического технического состояния конструкции;
- обоснование новых подходов в модельном эксперименте с ледовыми сооружениями;
- удостоверяющие новизну технических решений изобретение «Конструкция ледового пояса металлического морского ледостойкого сооружения (варианты)» и зарегистрированные пакеты прикладных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральные целевые программы России [Электр. ресурс]. – URL: <http://www.programs-gov.ru>.
2. ISO/FDIS 19906 «Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures». International Standard. – International Organization for Standardization, 2010.
3. ГОСТ Р ИСО 19906 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа». Национальный стандарт Российской Федерации (проект, окончательная редакция). – М.: Стандартинформ, 2011.
4. Germanischer Lloyd. Rules and Guidelines. IV Industrial Services. 6 Offshore Installations & Guidelines for the Construction of Fixed Offshore Installations in Ice Infested Waters – 2005.
5. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. – СПб., 2014.
6. Апполонов Е. М., Демешко Г. Ф., Крыжевский Г. Б., Тряскин В. Н., Якимов В. В. Разработка проекта раздела Правил РМРС по нормированию прочности ледового пояса перспективных инженерных сооружений, работающих на арктическом шельфе. – Отчет СПбГМТУ, 2015, инв. № 22/X-581. – 96 с.
7. Положительное заключение Российского морского регистра судоходства, инв. № 29/X-581, исх. № 314–26–143030 от 29.05.2015 г., вх. № 1215–93–537 от 15.06.2015 г.
8. Тряскин В. Н., Якимов В. В. Расчет параметров прочности наружной обшивки в районе ледового пояса с учетом фактического технического состояния конструкции. – Свид.-во о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610208 от 12.01.2015 г., правообладатель – СПбГМТУ.
9. Крыжевский Г. Б., Якимов В. В. Конструкция ледового пояса металлического морского ледостойкого сооружения (варианты). – Заявка на выдачу патента РФ на изобретение рег. № 2015117275 от 07.05.2015 г., правообладатель – СПбГМТУ. ■

Ледоколы «Москва» и «Санкт-Петербург» предназначены для ледовой проводки крупнотоннажных судов шириной до 50 м, буксировки судов и других плавучих сооружений во льдах и на чистой воде; тушения пожара на плавучих объектах и других сооружениях; выполнения аварийно-спасательных работ, оказания помощи судам, терпящим бедствие в ледовых условиях и на чистой воде, с разовыми приемами вертолета типа Ка-26; перевозки грузов на открытой части верхней палубы.

а) б)



в) г)



Ходовой мостик рулевой рубки (а), испытание противопожарной системы (б), вертолетно-посадочная площадка с вертолетом Ми-2 (в), испытание системы спасения фирмы «Viking» (г)

Архитектурно-конструктивный тип – двухпалубное судно с удлиненным баком, средним расположением машинного отделения, с двумя полноповоротными ВРК и подруливающим устройством в носовой части, со сдвинутой к носу жилой рубкой с вертолетной взлетно-посадочной площадкой и открытой палубой в кормовой части. Район плавания – неограниченный. Автономность плавания на чистой воде по запасам топлива при 75%-ной мощности ГЭУ составляет 30 сут., по запасам провизии – 45 сут., по запасам масла – 0,5 года плюс 2 смены масла в каждом двигателе, по запасам питьевой воды – 30 сут., по возможности сбора сточных вод – 27 сут. Дальность плавания по запасам топлива – около 11000 миль.

Суда построены в соответствии с требованиями правил и под наблюдением Российского морского регистра судоходства на класс КМ ★ЛЛ6 [2] А1 И П1, соответствуют требованиям международных, национальных и региональных нормативных документов, конвенций и правил, а также действующих на сегодняшний день изменений и дополнений к ним.

Основные характеристики ледоколов

Длина наибольшая (без кормовых и носовых кранцев), м		ок. 114,0
Длина между перпендикулярами, м		ок. 97,2
Ширина наиб., м		ок. 27,5
Ширина при осадке 8,5 м, м		ок. 26,5
Высота борта на миделе до верхней палубы, м		ок. 12,4
Осадка по КВЛ, м		8,5
Дедвейт при осадке 8,0 м – работа в ледовых условиях, т.		ок. 5200
Дедвейт при макс. осадке 8,5 м, т		ок. 6430

* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №1(57), с.22

ВОЗРОЖДЕНИЕ НЕАТОМНОГО ЛЕДОКОЛОСТРОЕНИЯ РОССИИ

ЧАСТЬ 2*

В.А. Мацкевич, канд. техн. наук,
О.Я. Тимофеев, д-р техн. наук, зам. ген. директора,
А.Ф. Судеревский, гл. конструктор,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. +7 (924) 926 9030

Скорость хода на глубокой воде (не менее 6 осадок судна) при осадке 8,0 м, 85% макс. длительной мощности главных двигателей, на волнении моря 2 балла, при ветре 3 балла и свежескрашенном корпусе, уз. не менее 16,0
Ледопроходимость при осадке 8,0 м при движении со скоростью ок. 3 уз в ровном сплошном первогодишном льду прочностью 500 кПа со снежным покровом до 20 см при номинальной мощности на валах, м не менее 1,0
Ледопроходимость на заднем ходу обеспечена не менее чем на переднем ходу
Экипаж, чел. 26

Остойчивость удовлетворяет действующим требованиям Правил РМРС для судов неограниченного района плавания с учетом требований Правил РМРС к буксирным судам.

Непотопляемость судна обеспечена при затоплении любых двух смежных главных водонепроницаемых отсеков.

Выполнение спасательных операций обеспечивается при волнении моря до 6 баллов и скорости течения 2 уз.

Электроэнергетическая установка состоит из четырех главных дизель-генераторов, вырабатывающих переменный ток частотой 50 Гц и напряжением 6,3 кВ. Суммарная мощность дизелей главных дизель-генераторов (2×12V32 по 6000 кВт и 2×9L32 по 4500 кВт) – 21000 кВт; двух стояночных дизель-генераторов 4L20 мощностью 670 кВт (каждый питание судовых потребителей при стоянке судна обеспечивается одним дизель-генератором); одного аварийного дизель-генератора с радиаторным охлаждением и мощностью 160 кВт, обеспечивающего питание потребителей в соответствии с требованиями Правил РМРС.

В качестве источников электроэнергии для привода гребной установки (ГЭД) предусмотрены четыре трехфазных синхронных генератора переменного тока, из которых два мощностью около 6000 кВт каждый и два мощностью около 4500 кВт каждый, напряжением 6,3 кВ, частотой 50 Гц, 750 об/мин, с автоматическим регулированием напряжения.

Пропульсивная установка состоит из двух ВРК (полноповоротных) мощностью ок. 8,0 МВт каждая с приводом от гребных электродвигателей.

Гребной винт ВРК фиксированного шага. Угол разворота колонки – 360°. Диаметр винта – 4,5 м. Число лопастей – 4 шт. Лопасти винта – съемные, материал винта – нержавеющая сталь.

Частота вращения винта – ок. 147 об/мин. Время разворота ВРК на угол 180° – ок. 20 с.



Главные асинхронные электродвигатели, ЛБ

Для повышения маневренности судна (при швартовке и прохождении в узкостях, включая маневры на малой скорости хода и разворот на месте), а также для удержания его при работе лафетных стволов системы специального пожаротушения на аварийных объектах установлено носовое подруливающее устройство (ПУ) с электроприводом мощностью 1000 кВт, напряжением 6,3 кВ и тягой около 16 тс, с четырехлопастным гребным винтом фиксированного шага диаметром около 2 м туннельного типа.

На ледоколах предусмотрены: каюты капитана, старшего механика, две каюты старших офицеров с выгороженным спальным местом, индивидуальным душем/туалетом, 18 одноместных кают с индивидуальным туалетом/душем для членов экипажа, две двухместные каюты с одним стационарным спальным местом и одной верхней койкой пультмановского типа, с индивидуальным туалетом/душем, каюта лоцмана с индивидуальным туалетом/душем и с дополнительной верхней койкой пультмановского типа.

На судне имеются следующие помещения общего пользования и служебные помещения: салон отдыха, курительный салон, тренажерный зал, сауна с закрытым плавательным бассейном с душевой и раздевалкой, общая столовая команды и офицеров, камбуз, архив, судовая канцелярия, прачечная, гладильная, кладовые, изолятор на одного человека с ванной/туалетом, амбулатория. Дополнительно предусмотрены помещения на четыре человека.

Для буксировок транспортных судов в ледовых условиях и на чистой воде установлена электрическая двухбарабанная буксирная лебедка с функцией автоматического поддержания постоянного натяжения буксирного каната. Она расположена в средней части судна на верхней палубе.

Основные характеристики буксирной лебедки

Номин. тяговое усилие на каждом барабане, кН 1700
Канатоемкость на каждом барабане, м 700

Лебедка обеспечивает буксировку при постоянной длине буксира; свободное травление каната ходом судна; выборание буксирного каната электроприводом лебедки.

Управление лебедкой осуществляется с пультов управления, которые размещены в рулевой рубке и вблизи буксирной лебедки.

Для выполнения подводно-технических работ на глубинах до 25 м работающим и страхующим водолазами на глубине в течение 60 мин. и проведения их декомпрессии судно оборудовано судовым водолазным комплексом и средствами обеспечения водолазных спусков.

На судне предусмотрены взлетно-посадочная площадка и комплект оборудования в объеме требований ГОСНИИ ГА для работы с вертолетом типа Ка-26.

В соответствии с Конвенцией IMO «SOLAS» относительно средств радиосвязи для ГМССБ и для обеспечения безопасности мореплавания в морских районах плавания А1–А3 на ледоколах установлено современное оборудование связи. Для обеспечения навигационной безопасности плавания предусматривается необходимый состав навигационного оборудования. Предусмотрена интегрированная система управления, контроля и сигнализации техническими средствами ИСУ ТС в соответствии с классом автоматизации А1И.

Ходовые испытания показали, что все заложенные в проект технические требования полностью реализованы, а по некоторым показателям ледокол превзошел проектные показатели. Так, на скоростных испытаниях была показана скорость свыше 17 уз. При испытаниях буксирного устройства был разрушен динамометр, рассчитанный на разрывное усилие 200 т силы при проектной тяге на лебедке 180 тс. Судно показало исключительную управляемость на переднем ходу, все маневренные характеристики соответствуют требованиям Правил РС. Энергетическая установка во всех режимах,

в том числе без вахты в машинном отделении, показала свою надежность.

В связи с отсутствием в Северо-Западном регионе вертолетов типа Ка-26 во время испытаний они успешно прошли с вертолетом Ми-2.

Все системы ледокола работали устойчиво и были приняты Государственной комиссией без существенных замечаний.

Первые годы эксплуатации и ледовые испытания ледокола «Москва» в условиях Арктики подтвердили высокую ледопроечность, управляемость в ледовой обстановке, ходкость и маневренность при выполнении не только проводки, но и доставки и перегрузки груза, в том числе контейнеров, сбора загрязненных вод, при работе с экспедициями.

а)



б)



Носовые швартовные устройства (а) и кают-компания (б)

На основании успешной эксплуатации этих судов и с учетом их потенциальных возможностей ФГУП «Росморпорт» подготовило постановление правительства о продлении серии этих судов с учетом внесения необходимых изменений. Проектирование этих судов было поручено ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова как одному из участников создания ледоколов пр. 21900. Еще до заключения контракта с ФГУП «Росморпорт» руководитель института, академик В. М. Пашин оперативно развернул проектные и исследовательские работы по созданию новой серии ледоколов под руководством заместителя начальника ЦКБ «Балтсудороект» главного конструктора В. А. Мацкевича. После оформления контракта главным конструктором технического проекта нового ледокола был назначен А. Ф. Судеревский.

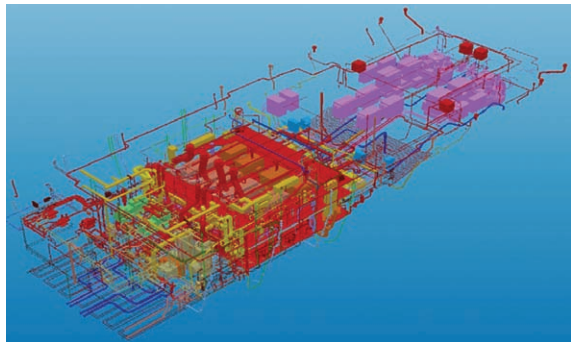
В ходе разработки документации совместно с заказчиком было проведено более десятки рабочих встреч в расширенном составе, включая представителей служб ФГУП «Росморпорт» и потенциальных поставщиков оборудования, ведущих ученых и специалистов судостроительной отрасли страны. По их результатам было отработано более 500 замечаний и предложений, которые были учтены в проекте.

Судно спроектировано на класс PMPC KM★ Icebreaker6 [2] AUT1-ICS FF2WS BWMEPP HELIDECK ECO с усилением корпуса и ВРК до знака категории ледовых усиления Icebreaker7.

Подобное частичное повышение ледового класса в районах оконечностей и бортового ледового пояса стало одним из пожеланий заказчика по результатам эксплуатации ледоколов типа «Москва» и позволило за счет грамотных проектных решений значительно расширить район применения ледокола, не подвергая опасности экипаж и само судно и при этом увеличив автономность.

Повышение ледового класса корпуса и изменения ГЭУ потребовало дополнительных корпусных подкреплений в машинном отделении, что не сказалось на условиях обслуживания агрегатов судовых систем и механизмов.

С первых шагов проектирования заказчиком по совместному решению института и фирмы «Вяртсиля» были выбраны однотипные с пр. 21900, но форсированные главные дизель-генераторы, уже имеющие большую мощность, но с теми же габаритами, позволившими сохранить размеры машинного отделения.



Результаты 3D проектирования систем ГЭУ

Проект 21900М создавался с полной визуализацией в САПР «Aviva». Это позволило по максимуму использовать объемы формы корпуса для выполнения требований Международной конвенции для Балтийского моря по экологии, исключив нахождение определенных цистерн у наружной обшивки корпуса судна, обеспечив балластировкой посадку на ровный киль во всех эксплуатационных случаях. Так, автономность по топливу в эксплуатационном режиме увеличена до 36 сут., провизии – до 45 сут., а по пресной воде фактически неограниченна. Вертолетная площадка в новом проекте перенесена в носовую часть судна перед надстройкой и обеспечивает операции с более тяжелыми и крупными отечественными вертолетами.

Увеличение экипажа и койко-мест потребовало внесения кардинальных изменений в компоновку помещений надстройки и бытовых систем.

По требованию заказчика ЦКБ «Балтсудопроект» выполнило проработки и обоснование вариантов движительного комплекса как на базе ВРК типа фирмы «Steerprop», так и типа «Азипод».

Впервые в отечественной практике в проекте нашло отражение и решение, снижающее вредные выбросы в атмосферу в соответствии с международными требованиями. Было проработано размещение систем и оборудования скрубера. Проработана возможность использования природного газа в качестве топлива ГЭУ.

Почти за год работы над этим проектом ЦКБ «Балтсудопроект» выполнило практически три полноценных комплекта проектной документации с учетом требований как заказчика, так и контролирующих организаций. Весной 2012 г. полностью согласованный пакет документации, натурная модель и трехмерная электронная модель судна с детализацией, соответствующей стадии проекта судна в постройке, были переданы ФГУП «Росморпорт».

При создании нового ледокола ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова был проведен большой комплекс модельных испытаний. На этом судне институт в целях повышения защиты конструк-

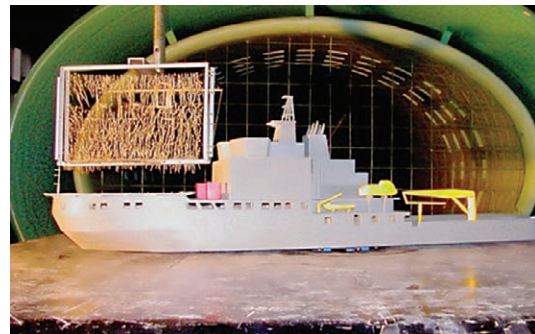


Масштабная модель ледокола пр.21900М, переданная ЦКБ «Балтсудопроект»

ций ВРК от ледового поля при движении на заднем ходу и снижения шума и вибрации предложил, несмотря на некоторое увеличение стоимости, ВРК с тянущими гребными винтами.

Были проведены испытания:

- скоростных характеристик как на чистой воде, так и во льду (проводились в связи с увеличением мощности ГЭУ судна и заменой ВРК с гребными винтами толкающего типа на ВРК с винтами тянущего типа);
- качки корабля и заливаемости носовой части судна в связи с переносом вертолетной палубы в носовую часть судна и изменением обводов корпуса выше ватерлинии;
- обдув в аэродинамической трубе (по требованиям ГОСНИИ ГА и в связи с изменением конфигурации носовой части судна, надстройки, мачты и дымовой трубы);
- вибрационные испытания.



Обдув в аэродинамической трубе

Проектантам совместно с учеными института удалось практически полностью сохранить обводы корпуса судна с небольшими изменениями его формы в носовой части выше ватерлинии для размещения вертолетной площадки и в кормовой оконечности над ватерлинией для возможности буксировки «на усах» судов с бульбообразной формой носовой оконечности и, кроме этого, уменьшения скопления льда и мокрого снега за кормой при движении задним ходом.

24 февраля 2012 г. ОСК подписало контракт с Выборгским судостроительным заводом на строительство ледоколов пр. 21900М.



Ледокол «Владивосток»

В настоящее время по этому проекту, в основу которого и лег технический проект, разработанный ЦКБ «Балтсудопроект», построены головной ледокол «Владивосток» и

ледокол «Мурманск», построенный в Финляндии, а ледокол «Новороссийск» достраивается на Выборгском судостроительном заводе.

Масштабно развернутые в эти годы работы по созданию ледокольного флота России наряду с продолжением работ над атомными ледоколами новых проектов послужили стимулом организации 16 августа 2013 г. Арктического инженерингового центра на базе подразделений 5-го отделения Крыловского государственного научного центра под руководством заместителя генерального директора О. Я. Тимофеева. В настоящий момент центром руководит заместитель генерального директора – начальник коммерческого управления В. В. Дюков.

В сентябре 2015 г. ЦКБ «Балтсудопроект» исполнилось 90 лет. Все время своего существования бюро являлось ведущим в области гражданского судостроения, давшее жизнь и другим профильным бюро страны. Оно продолжает плодотворно трудиться, чтя память своих сотрудников, давших стране и миру уникальные образцы морской техники, в том числе атомный лихтеровоз «Севморпуть»,

научно-исследовательские суда военно-космического назначения, первые отечественные суда с горизонтальным способом погрузки типа «Иван Скуридин» с поворотной носовой аппарелью и «Сергей Киров» с кормовой поворотной аппарелью, на котором впервые в мировой практике решен вопрос обеспечения одноотсечной непотопляемости на судах такого типа, супертанкеры типа «Крым», первые отечественные контейнеровозы типа «Сестрорецк», многосерийные танкеры типа «Победа» с эффективной технологией постройки и многие другие, реализованные и нереализованные проекты.

Как показала практика, коллектив бюро успешно справляется с новыми задачами, которые встают перед отечественным судостроением, гармонично влившись в научно-исследовательский коллектив Крыловского государственного научного центра.

Пожелаем сотрудникам ЦКБ «Балтсудопроект» новых интересных задач, решения которых будут востребованы и реализованы в новых объектах морской техники. ■



К 85-ЛЕТИЮ В. А. МАЦКЕВИЧА

*Г. Ф. Демешко, д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой «Проектирование судов» СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 947 3938*

7 мая 2016 г. Вадиму Александровичу Мацкевичу исполнилось 85 лет. Выпускник Ленинградской Корабелки 1955 г., ученик выдающихся проектантов Я. Копержинского и П. Возного, он всю свою жизнь посвятил созданию гражданского флота России. После окончания учебы молодой специалист пришел в ЦКБ «Балтсудопроект» (ранее – ЦКБ-32), где за 55 лет трудового пути достиг должности главного конструктора проектов.

Вадим Александрович возглавлял проектирование многих транспортных и вспомогательных судов, судов технического флота, морских средств освоения шельфа. Им были разработаны, в частности, проекты уникальных и для страны, и для мировой практики лесовозов-пакетовозов с большим раскрытием палуб, приспособленных к скоростной обработке груза. По его проектам были реализованы серии первых отечественных контейнеровозов, судов с

горизонтальным способом погрузки и многих-многих других типов судов. Как главный конструктор он уже в постсоветское время принимал активное участие в создании буровой установки «Полярная Звезда», судов-спасателей для ВМФ, судна снабжения по заказу Индии, новых дизельных ледоколов, получивших названия «Москва» и «Санкт-Петербург». Эти ледоколы отличает высокая мощность СЭУ, впервые в мире реализуемая винторулевыми колонками.

Трудно перечислить все великое множество разнообразных проектов судов и морских технических сооружений, работу над которыми возглавлял В. А. Мацкевич. Неоценимы его заслуги в создании и обновлении гражданского флота страны, который в лучшие годы был одним из самых совершенных и крупных в мире и по тоннажу, и по составу. Всего по его проектам построено ок. 150 судов и кораблей.

В его активе также около 100 публикаций в форме статей и докладов на конференциях. Написаны самостоятельно и в соавторстве четыре монографии. Им была успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.

За успехи в труде он был удостоен Государственной премии, награжден медалью ордена За заслуги перед Отечеством 2-й степени, орденом Дружбы.

Уже много лет В. А. Мацкевич плодотворно сотрудничает с родным

СПбГМТУ, возглавляя Государственную аттестационную комиссию, принимающую защиты выпускных работ бакалавров, магистрантов и специалистов (морских инженеров) при кафедре «Проектирование судов». Огромный инженерный опыт главного конструктора и глубокие знания корабельных наук позволили ему к своему юбилею сделать и себе, и всему судостроительному сообществу великолепный подарок в виде двухтомной монографии «Практическое проектирование транспортных судов», значительно расширяющей кругозор студентов, начинающих специалистов и дающей профессионалам новые идеи и проектные рекомендации. Это и справочник, и учебник, и история наших значительных достижений, в которых так велика заслуга юбиляра.

Все, кто знает Вадима Александровича, желают ему крепкого-крепкого здоровья, оптимизма и новых творческих достижений, поскольку он остается для нас неустанным и любимым Учителем, консультантом и экспертом. Это добрый и отзывчивый человек, что больше всего и ценится в людях.

Редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям и желает Вадиму Александровичу Мацкевичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов на благо отечественного судостроения. ■

А для определения периода свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде для общего случая нелинейной диаграммы остойчивости используется метод гармонической линеаризации, коэффициенты которой l_0 и l_m могут быть определены лишь при аналитическом задании диаграммы остойчивости поврежденного корабля.

Основная сложность заключается в том, что аппроксимация диаграмм статической остойчивости поврежденного корабля очень сложна и вычисление по ней не всегда возможно. Поэтому желательно определить амплитуду θ_m и фазу β , не вычисляя эти интегралы.

Рассмотрим выражение

$$\bar{D}l_m = \frac{D}{J_{эф}} \cdot \frac{1}{\theta_m} \cdot \int_0^{2\pi} l(\theta_0 + \theta_m \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi. \quad (1)$$

По аналогии с существующей нелинейной теорией бортовой качки неповрежденного корабля его можно рассматривать как квадрат частоты нелинейной боковой качки поврежденного корабля на тихой воде [1]. При этом в первом приближении можно считать, что среднее положение, относительно которого происходит колебание поврежденного корабля на тихой воде, совпадает с положением его равновесия (начальный угол крена).

Заменяем выражение (1) на частоту собственных колебаний для данной амплитуды θ_m .

В современной теории нелинейной качки корабля существуют три основных способа по определению периода боковой качки на тихой воде. Это способы Г.Е. Павленко, В.Г. Власова и А.Б. Карпова.

Способ Г.Е. Павленко основан на такой замене переменных интегрирования, при которой устраняется несобственный интеграл в выражении для периода качки. Однако этот способ не может быть использован при отрицательной и нулевой метacentрической высоте. Способ В.Г. Власова основан на теореме, которая была им доказана, о времени прохождения начального участка пути.

Эта теорема позволяет получить приближенную формулу для периода качки, если начальное наклонение не превышает максимума диаграммы статической остойчивости. Существует линейность диаграммы. Поэтому, когда угол крена превышает максимум диаграммы остойчивости, используют метод А.Б. Карпова.

В данной работе предлагается другой способ определения периода свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде, разработанный авторами, который может быть использован при любом виде диаграммы поврежденного корабля, как при симметричных, так и несимметричных его колебаниях, как при положительной, так и при отрицательной остойчивости. Для этого надо иметь лишь диаграмму динамической или статической остойчивости поврежденного корабля.

Суть способа заключается в следующем. Рассмотрим наиболее общий случай диаграммы отрицательной остойчивости поврежденного корабля, при несимметричном затоплении (рис. 1).

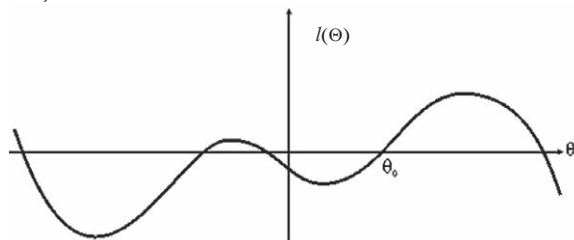


Рис. 1. Диаграмма отрицательной остойчивости поврежденного корабля при несимметричном затоплении

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОВРЕЖДЕННОГО КОРАБЛЯ НА ТИХОЙ ВОДЕ ДЛЯ ОБЩЕГО СЛУЧАЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИАГРАММЫ ОСТОЙЧИВОСТИ

П.А. Шауб, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, вед. науч. сотрудник,

С.В. Московкина, науч. сотрудник, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», контакт. тел. (812) 405 0706

Для определения периода собственных колебаний используем энергетический способ, применяемый в нелинейной механике. Запишем уравнение бортовых колебаний поврежденного корабля на тихой воде в простейшем виде без учета сил сопротивления.

$$\ddot{\theta} + f(\theta) = 0, \quad (2)$$

где $f(\theta)$ – восстанавливающий момент (восстанавливающая обобщенная сила), отнесенный к единице момента инерции поврежденного корабля, и действующей на корабль при его наклонении. Запишем уравнение (2) в виде

$$\dot{\theta} = \varphi, \quad \dot{\varphi} = -f(\theta). \quad (3)$$

Исключив ранее из уравнения (3) время t , получим дифференциальное уравнение фазовых траекторий

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{-f(\theta)}{\varphi}, \quad (4)$$

которые могут быть изображены на фазовой плоскости.

Разделим переменные уравнения (4)

$$\varphi d\varphi = -f(\theta) d\theta \quad (5)$$

и перепишем его в виде

$$d\left(\frac{1}{2}\varphi^2\right) = -f(\theta) d\theta, \quad (6)$$

или согласно (3)

$$d\left(\frac{1}{2}\dot{\theta}^2\right) = -f(\theta) d\theta. \quad (7)$$

В левой части выражения (7) стоит выражение элементарного приращения кинетической энергии (отнесенной к единице момента инерции поврежденного корабля), а справа – выражение элементарной работы восстанавливающего момента (консервативных сил).

В целом выражения (6), (7) описывают закон кинетической энергии в дифференциальной форме.

Интегрируя уравнение (6), получаем

$$\frac{1}{2}\varphi^2 = -\int f(\theta) d\theta + h, \quad (8)$$

где

$$f(\theta) d\theta = \pi(\theta); \quad (9)$$

$\pi(\theta)$ – потенциальная энергия нашей динамической системы; h – постоянная интегрирования, определяемая начальным значением механической энергии.

Тогда интеграл (8) можно записать в виде

$$\varphi^2 = 2(h - \pi(\theta));$$

$$\dot{\theta} = \varphi = \pm \sqrt{2(h - \pi(\theta))}. \quad (10)$$

Одному (тому или другому) начальному условию движения со ответствует одно вполне определенное значение постоянной h . Наоборот, одному значению h будет соответствовать бесчисленное количество начальных условий движения нашей системы, т. е. бесчисленное множество начальных положений изображаемой точки на фазовой плоскости. Эти начальные положения изображаемой точки, соответствующие заданному значению постоянной h , образуют на фазовой плоскости некоторую кривую, называемую кривой равной энергии (рис. 2).

При этих условиях, т. е. при $0 < h < h_{\pi}$, корабль будет колебаться относительно равновесного положения θ_0 , не переваливаясь на противоположный борт. При потенциальной энергии, равной h_{π} , корабль может находиться в покое, однако это его стояние будет безразличным. При $h_m > h > h_{\pi}$ корабль будет совершать колебания с борта на борт. Таким образом, при углах крена колебания корабля будут происходить без переваливания на противоположный борт, а при углах крена $\theta_{\pi} < \theta < \theta_m$ колебания – с борта на борт. При $\theta > \theta_m$ корабль опрокидывается.

Таким образом, по траекториям фазовой плоскости можно судить о характере колебательных движений корабля при любой диаграмме остойчивости.

Рассмотрим несимметричные колебания корабля. Причем они могут совершаться как на борту, так и при переваливании с борта на борт.

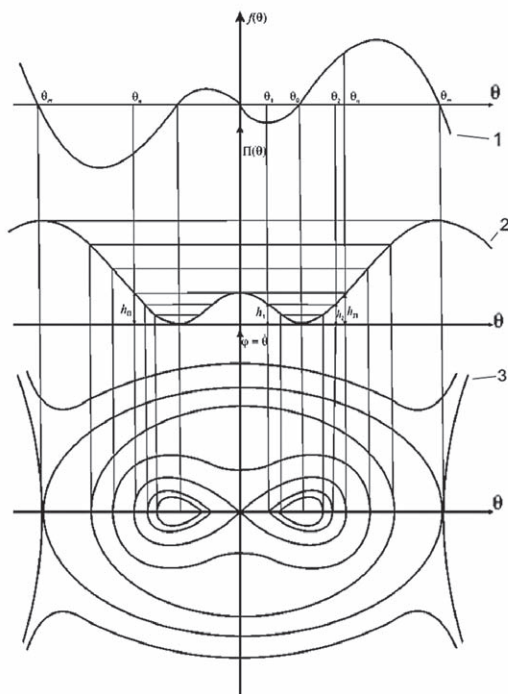


Рис. 2. Кривые равных энергий

1 – диаграмма статической остойчивости (восстанавливающего момента) поврежденного корабля. Для простоты принята симметричной относительно начала координат; 2 – кривая потенциальной энергии (диаграмма динамической остойчивости поврежденного корабля, ординаты которой отнесены к единице момента инерции), строящаяся по зависимости (9) с точностью до постоянной; 3 – кривые равной энергии, которые при $0 < h < h_{\pi}$ являются замкнутыми кривыми, охватывающими особую точку $M(\theta_0, 0)$.

Так как колебания корабля всегда симметричны во времени, что вытекает из симметрии фазовых траекторий относительно оси G (см. рис. 2), будем вычислять период собственных колебаний T как удвоенное значение того времени, в течение которого фазовая точка проходит верхнюю ветвь фазовой траектории от точки мгновенного покоя $\theta = \theta_1$ до точки мгновенного покоя $\theta = \theta_2$ где θ_1 и θ_2 – максимальные отклонения корабля от положения «равновесия» θ_0 . Тогда постоянная h может быть определена значением потенциальной энергии при $\theta = \theta_1$ и $\theta = \theta_2$, когда $\dot{\theta} = 0$, т. е.

$$h = \pi(\theta_1) = \pi(\theta_2) \quad (11)$$

при

$$\theta_2 > \theta_1.$$

Разделив переменные дифференциального уравнения (10), получим:

$$T = \sqrt{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{d\theta}{\sqrt{h - \pi(\theta)}} = \sqrt{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{d\theta}{\sqrt{\int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta) d\theta}}. \quad (12)$$

Данное выражение хорошо известно в механике и в теории корабля.

Поскольку мы имеем несимметричную характеристику диаграммы статической остойчивости поврежденного корабля вправо и влево от положения равновесия, запишем выражение для периода свободных колебаний в виде

$$T = 2(T_1 + T_2) \quad (13)$$

$$T_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\theta_1}^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{\pi(\theta_1) - \pi(\theta)}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\theta_1}^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{\int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta) d\theta}}; \quad (14)$$

$$T_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\theta_0}^{\theta_2} \frac{d\theta}{\sqrt{\pi(\theta_2) - \pi(\theta)}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\theta_0}^{\theta_2} \frac{d\theta}{\sqrt{\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta) d\theta}}.$$

т. е. промежутки времени, необходимые для выполнения четырех колебаний, совершаемых от ϕ_1 до ϕ_0 и от ϕ_0 до ϕ_2 .

Интегралы в выражениях (11), (14) есть несобственные интегралы, так как знаменатель подынтегральной функции равен нулю на обеих границах интегрирования.

Учитывая, что диаграмма статической остойчивости несимметрична относительно $\theta = \theta_0$, интегралы (14) нельзя вычислить в замкнутом виде. Для их вычисления используем приближенную формулу Симпсона [2].

Вычисление покажем на интеграле для T_2 . Принимая во внимание, что подынтегральная функция в интеграле T_2 при $\theta = \theta_2$ становится бесконечной, а при использовании формулы Симпсона в нее входит значение подынтегральной функции при $\theta = \theta_2$, введем переменную интегрирования

$$-V^2 = \theta_2 - \theta. \quad (15)$$

$$\text{Тогда} \quad \theta_2 - V^2; \quad (16)$$

$$d\theta = -2VdV.$$

Выражения для T_2 можно представить в виде

$$T_2 = \sqrt{2} \int_0^{\sqrt{\theta_2 - \theta_0}} \frac{VdV}{\sqrt{\pi(\theta_2) - \pi(\theta_2 - V^2)}}. \quad (17)$$

Теперь подынтегральная функция при $V = 0$ принимает неопределенное значение, предельное значение которой при $V \rightarrow 0$ можно вычислить по правилу Лопиталя, так как

$$\lim_{V \rightarrow 0} \frac{V^2}{\pi(\theta_2) - \pi(\theta_2 - V^2)} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{2V}{2V\pi'(\theta_2 - V^2)} = \frac{1}{\pi'(\theta_2)} = \frac{1}{f(\theta_2)}, \quad (18)$$

то предельное значение самой подынтегральной функции есть

$$\frac{1}{\sqrt{f(\theta_2)}}. \quad (19)$$

Формулу Симпсона используем в хорошо известном виде

$$\int_0^a f(x) dx \approx \frac{a}{12} [f(0) + 4f(\frac{1}{4}a) + 2f(\frac{1}{2}a) + 4f(\frac{3}{4}a) + f(a)]. \quad (20)$$

Принимая во внимание, что в нашем случае

$$a = \sqrt{\theta_2 - \theta_0}, \quad h = \pi_-(\theta_1) = \pi_+(\theta_2) \quad (21)$$

введем обозначения:

$$\begin{aligned} W_0 &= h - \pi_+(\theta_0); \\ W_1 &= [h - \pi_+(\frac{9\theta_0 + 7\theta_2}{16})]; \\ W_2 &= h - \pi_+(\frac{\theta_0 + 3\theta_2}{4}); \\ W_3 &= h - \pi_+(\frac{\theta_0 + 15\theta_2}{16}); \end{aligned} \quad (22)$$

$$W_4 = (\theta_2 - \theta_0)\pi_-(\theta_2).$$

Тогда выражение для периода T_2 можно записать как

$$T_2 \approx \frac{\sqrt{2}}{12} (\theta_2 - \theta_0) \sum_{i=0}^4 \frac{1}{\sqrt{W_{+i}}}, \quad (23)$$

где индекс «+» означает положительную ветвь диаграммы остойчивости.

Аналогично будем иметь

$$T_1 \approx \frac{\sqrt{2}}{12} (\theta_2 - \theta_1) \sum_{i=0}^4 \frac{1}{\sqrt{W_{-i}}}, \quad (24)$$

где индекс «-» означает отрицательную ветвь диаграммы остойчивости (или противоположную относительно θ_0).

Полный период свободных колебаний корабля относительно равновесного положения θ_0 при несимметричных колебаниях запишем в виде

$$T = 2(T_1 + T_2) \approx \frac{1}{6} \sqrt{2} [(\theta_0 - \theta_1) \sum_{-i=0}^4 \frac{1}{\sqrt{W_{-i}}} + (\theta_2 - \theta_0) \sum_{+i=0}^4 \frac{1}{\sqrt{W_{+i}}}] \quad (25)$$

Функции W_i легко вычислить, если диаграмма статической остойчивости задана аналитически, тогда можно рассчитать непосредственно значения потенциальной энергии по (9), а также если имеется диаграмма динамической остойчивости поврежденного корабля, ординаты которой, умноженные на D , как раз и представляют собой выражение $\Pi(\theta_i)$.

В случае линейной зависимости восстанавливающего момента от угла крена получаем выражение, которое дает хорошо известную формулу периода свободных колебаний

корабля на тихой воде

$$T = 6,28 \sqrt{\frac{J_x + \lambda_{44}}{Dh}} \quad (26)$$

Таким образом, $\bar{D}l_m$ можно определить, как квадрат частоты свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде:

$$\bar{D}l_m = \frac{\bar{D}}{\theta_m} \int_0^{2\pi} I(\theta_0 + \theta_m \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi = \Pi_{cp}^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2, \quad (27)$$

где T определяется по формуле (25).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шауб П.А. Качка поврежденного корабля. Динамическая непотопляемость. – СПб.: Моринтех, 2013.
2. Каудерер Г. Нелинейная механика. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. ■

Одной из важнейших характеристик корабля как инженерного сооружения, определяющей степень эффективности его использования, является мореходность. Как известно, мореходность – комплексная характеристика поведения корабля в условиях волнения. Прежде всего это относится к степени подверженности корабля качке. Наиболее достоверные данные о качке могут быть получены на основе модельных испытаний в опытовых бассейнах, оснащенных системами генерирования волнения с заданными параметрами. Вместе с тем для кораблей с близкими к традиционным обводами существуют надежные комплексы программ, позволяющие прогнозировать их поведение на волнении.

1. Существующие алгоритмы расчета различных видов качки базируются на потенциальной теории движения жидкости. Вязкость учитывается, как правило, на основе специально поставленных экспериментов и в редких случаях теоретическим путем. Такой учет дает возможность правильно описать особенности демпфирования колебаний корабля в жидкости.

Строго говоря, качающийся на волнении корабль представляет собой динамическую систему с шестью степенями свободы. Однако при инженерном решении конкретной задачи учитываются лишь те виды колебаний, которые важны для такого решения. Необходимо подчеркнуть, что большинство проблем мореходности, возникающих в процессе проектирования корабля, с успехом могут рассматриваться с позиций линейной теории, когда его колебания считаются линейно зависящими от основной характеристики волнения – высоты волны. В такой постановке гидродинамические нагрузки, действующие на корпус корабля, также считаются линейно зависящими от кинематических параметров его движения, и, следовательно сами колебания описываются линейными дифференциальными уравнениями.

ПРОБЛЕМЫ МОРЕХОДНОСТИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОРАБЛЕЙ

ЧАСТЬ 1

И.К. Бородай, д-р техн. наук, проф., начальник сектора,
С.Г. Живица, канд. техн. наук, начальник лаборатории,
В.Г. Платонов, канд. техн. наук, начальник лаборатории,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 4988, 415 4951

Вместе с тем, и этому будет уделено особое внимание в дальнейшем, в ряде случаев при учете нелинейной зависимости качки от волнового возмущения, определяемой формой корпуса, параметрами остойчивости и режимами движения корабля на волнении, возникают особые, иногда весьма интенсивные бортовые колебания, на возможность появления которых уже в процессе проектирования следует обращать внимание.

Подчеркнем, что применяемые в настоящее время методы определения характеристик мореходности кораблей широко используют результаты теории случайных процессов. Таким образом, оценка мореходности корабля производится для плавания на нерегулярном волнении – в ситуации, отвечающей реальным условиям.

2. Интенсивная качка приводит к ряду негативных последствий, из которых в первую очередь следует отметить возникновение инерционных нагрузок в конструкциях корпуса, обусловленных возникающими при качке ускорениями. Достоверное определение параметров качки зачастую является определяющим и при оценке эффективности использования установленного на корабле технического оборудования.

Движение корабля на волнении, особенно встречными курсами, может сопровождаться интенсивной килевой качкой. В свою очередь сильная килевая качка вызывает такие неблагоприятные

явления, как слеминг, заливание палубы в носовой оконечности корабля, а также увеличение его дополнительного сопротивления на волнении. Эти факторы приводят к потере скорости хода как по причине естественного увеличения буксировочного сопротивления на волнении по сравнению с движением на тихой воде, так и за счет преднамеренного ее снижения из-за опасений повреждения корпуса и оборудования корабля. Кроме того, вызванные качкой и слемингом вертикальные ускорения корпуса (реже заливание палубы) могут существенно уменьшить эффективность использования корабля по прямому назначению. Достоверное определение параметров качки зачастую является определяющим и при оценке эффективности использования вооружения корабля.

Килевая качка, вертикальные ускорения, слеминг, заливаемость носовой оконечности и дополнительное сопротивление на волнении достигают своих наибольших значений при плавании корабля встречными курсами к волне. При этом интенсивность килевой качки для заданной амплитуды волны зависит главным образом от соотношения длины корабля и длины волны и в меньшей степени от формы носовой оконечности. В то же время подверженность корабля слемингу и заливаемости, а также величина дополнительного сопротивления корабля на волнении существенно зависят от формы носо-

вой оконечности. Поэтому повышение мореходности кораблей и судов в условиях плавания на встречном волнении ведется судостроителями по двум, как правило, взаимосвязанным направлениям: разработка средств пассивного умерения амплитуд килевой качки корабля и разработка формы носовой оконечности, обеспечивающей, в первую очередь, уменьшение подверженности корабля слемингу. При этом предлагаемые решения не должны ухудшать другие мореходные качества и, в частности, ходкость корабля на тихой воде и умеренном волнении.

Идею о возможности уменьшения интенсивности килевой качки высказал в свое время С.О. Макаров, предложив для этой цели использовать носовые подводные крылья. Испытания моделей судов с носовыми крыльями, выполненные в разных бассейнах в середине прошлого века, показали их достаточно высокую эффективность в условиях встречного волнения при определенных сочетаниях скорости судна и параметров волн. Уменьшение интенсивности килевой качки модели судна также достигалось при установке на ней надводных крыльев с положительным углом атаки. При этом снижение амплитуд килевой качки сопровождалось заметным уменьшением волновых нагрузок в корпусе [1]. Это обстоятельство особенно актуально для скоростных судов из-за необходимости минимизировать массу корпуса с целью увеличения его провозоспособности. Однако попытки установить подводные крылья на реальных судах не увенчались успехом из-за возникновения сильной вибрации корпуса и крыльев.

Для исключения таких негативных явлений была предложена конструкция носовых надводных объемных крыльев с отрицательным углом атаки, интегрированных в корпус судна [2, 3] (рис. 1). Данный успокоитель является частью конструкции корпуса и при движении в условиях качки на волнении не должен вызывать неблагоприятной вибрации крыльев и корпуса.

Сравнительные мореходные испытания модели быстроходного корабля с предложенной конструкцией надводных объемных крыльев, интегрированных в

корпус модели, и без них проводились в ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Во время испытаний на встречном нерегулярном волнении помимо колебаний модели измерялся также продольный изгибающий момент в ее корпусе. Результаты измерения амплитуд с обеспеченностью 3% килевой качки $\psi_3\%$, вертикальных ускорений в носовой оконечности $a_{z3}\%$, а также относительного изменения максимального суммарного (волнового и ударного) изгибающего момента в корпусе $M_{y\max}$, пересчитанные на корабль длиной 100 м, приведены на рис. 2 и 3.

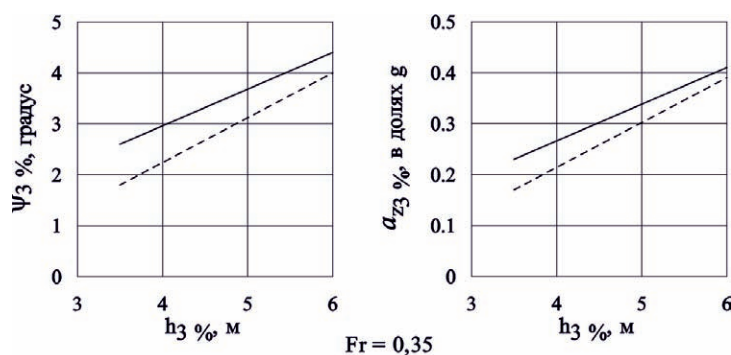


Рис. 2. Зависимость амплитуд килевой качки и вертикальных ускорений носовой оконечности корабля от высоты волны при числе Фруда 0,35
— без крыла, ----- с крылом

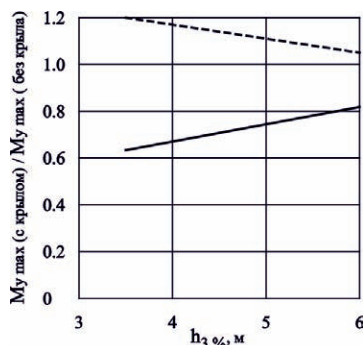


Рис. 3. Зависимость отношения $M_{y\max}$ (с крылом) / $M_{y\max}$ (без крыла) от высоты волны
— $Fr = 0,20$; ----- $Fr = 0,35$

При движении, когда носовая кромка крыла редко погружается в волну, характеристики ходкости и мореходности обоих вариантов корабля практически одинаковые (волнение силой 3–4 балла). При этом взаимодействие надводных крыльев корабля и поднимающихся вдоль бортов струй воды может создавать дополнительную

тягу и приводить к меньшей потере скорости хода на волнении по сравнению с кораблем без крыльев. На волнении силой 5–6 баллов наличие крыльев улучшает характеристики мореходности корабля. Их конструктивные характеристики: телесность, величина установочного угла наклона, возвышение передней кромки от конструктивной ватерлинии, положение вдоль корпуса — должны приниматься с учетом требований по использованию корабля в различных волновых условиях и по результатам модельных мореходных испытаний.

Уменьшению подверженности корабля килевой качке на встречном волнении может способствовать применение бульбовой формы носовой оконечности. Влияние бульба на качку зависит от его размера и формы.

На кораблях носовой бульб часто используется для размещения гидроакустической станции и имеет, как правило, каплевидную форму. Каплевидная форма бульба даже относительно больших размеров мало влияет на уменьшение амплитуд килевой качки. Наличие развитой бульбовой оконечности сопровождается увеличением развала бортов, необходимого для размещения носового якорного устройства. Увеличенный развал бортов при большом носовом бульбе может приводить к увеличению подверженности корабля как днищевому, так и бортовому слемингу.

Бульбовая оконечность в форме «бивня» («tusk» integrated stabilizer) может снижать амплитуды килевой качки корабля в районе резонансных частот на 40 – 50% при плавании на встречном регулярном волнении [4, 5]. Этот бульб представляет собой наделку в носовой оконечности корабля, большая часть которой находится ниже конструктивной ватерлинии. Такая наделка увеличивает длину корабля без существенного изменения его массы, полезных объемов и служит главным образом для улучшения ходкости на тихой воде, выполняя одновременно функцию его стабилизатора.

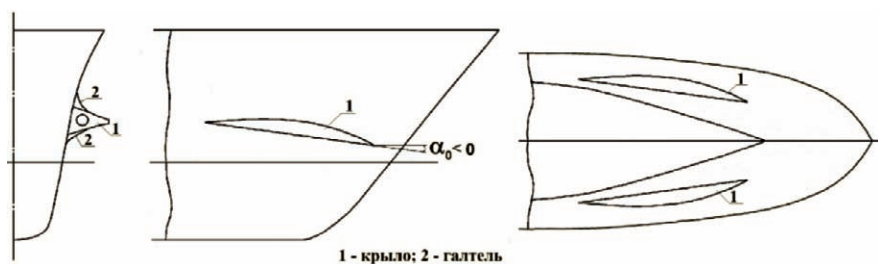


Рис. 1. Схема расположения надводного объемного крыла в носовой оконечности корабля
1 – крыло; 2 – галтель

В настоящее время для повышения мореходности однокорпусных водоизмещающих кораблей предлагается использовать различные нетрадиционные формы обводов корпуса в целом, а также его носовой оконечности. Например, для быстроходных водоизмещающих кораблей и судов наметилась тенденция смещать поперечное сечение корпуса наи-

гибающего момента в корпусе модели. Сопоставление полученных результатов показано на рис. 4. На рисунке приведены амплитуды с обеспеченностью 3% килевой качки и вертикальных ускорений в носовой оконечности, а также частота слеминга за 1 час плавания корабля на встречном нерегулярном волнении силой 5 и 6 баллов.

– криволинейным по всей высоте форштевнем с лекальным профилем (X-Bow), имеющим на ватерлинии наиболее выступающую вперед точку, при этом уменьшение объема носовой части предусматривается только в надводной части носа и за счет завала форштевня по лекальной линии назад в корму;

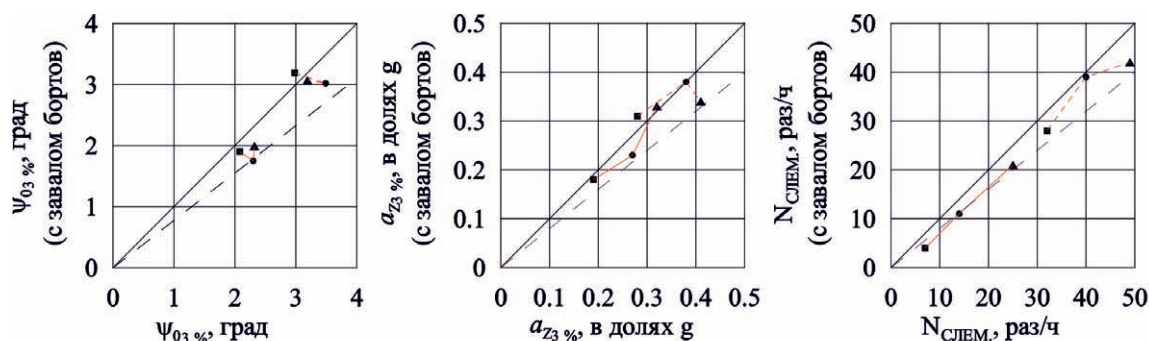


Рис. 4. Сравнение характеристик мореходности быстроходного корабля с завалом форштевня и обратным наклоном бортов с кораблем традиционной архитектуры: ■ – $Fr = 0,22$; ● – $Fr = 0,31$; ▲ – $Fr = 0,22$; — – 5 баллов; --- – 6 баллов; -.- – граница расхождения амплитуд процесса

большей ширины по конструктивной ватерлинии в кормовую оконечность [6]. За максимальным сечением ширина корабля может сохраняться постоянной или иметь сужение к транцу. В предельном случае, как это выполнено на корабле типа «триклин», наибольшая ширина корпуса находится на транце, и все ватерлинии имеют форму треугольника. Такие формы корабля позволяют сохранить острые обводы на большом протяжении носовой оконечности и приводят к уменьшению подверженности корабля днищевому и бортовому слемингу при движении встречными курсами к волне. Дальнейшему уменьшению интенсивности слеминга, обусловленному ударами волн в надводную часть носовой оконечности корабля, может способствовать уменьшение наклона форштевня вплоть до придания ему вертикального или обратного наклона, а также использование завала бортов в носовой оконечности.

Для оценки влияния приведенных выше особенностей корпуса на мореходность в ФГУП «Крыловский государственный научный центр» были проведены сравнительные испытания модели быстроходного водоизмещающего корабля с завалом бортов и обратным наклоном форштевня и корабля с традиционными обводами для чисел Фруда 0,4–0,5. Модель с нетрадиционной формой обводов имела вертикальный форштевень ниже конструктивной ватерлинии и обратный наклон форштевня около 45° выше КВЛ. В пересчете на натуру оба корабля имели длину между перпендикулярами приблизительно 113 м. Подверженность моделей слемингу оценивалась по наличию динамического (ударного) продольного из-

Как видно из сопоставления результатов испытаний, корабль традиционных обводов подвержен более интенсивной килевой качке и обусловленным ею вертикальным ускорениям в носовой оконечности, за исключением килевой качки и вертикальных ускорений при $Fr = 0,22$. Наибольшее влияние изменения в обводах носовой части корпуса корабля традиционной архитектуры оказали на подверженность корабля слемингу. На всех исследованных режимах движения частота слеминга модели корабля с завалом форштевня и обратным наклоном бортов была меньше, чем у модели корабля с традиционными обводами.

Несмотря на трудность уменьшения амплитуд килевой качки конструктивными мерами, в ряде случаев за счет особой формы носовой оконечности удается добиться успеха. В последнее время предложено и уже реализовано несколько конструктивных решений по повышению мореходности быстроходных водоизмещающих судов за счет придания носовой оконечности специальной формы. В зарубежном судостроении получили распространение принципиально новые варианты геометрии носовой оконечности – Axe-Bow, X-Bow, WPC-Bow и Z-Bow, которые характеризуются [7]:

- уменьшенным надводным объемом;
- большой килеватостью днищевых ветвей шпангоутов на значительной протяженности корпуса;
- нетрадиционными профилями форштевня;
- прямым вертикальным форштевнем (Axe-Bow), простирающимся от верхней палубы до соединения с изогнутой линией киля, уходящей вниз от основной плоскости к нижней точке форштевня;

– криволинейным в надводной части форштевнем (WPC-Bow) с лекальным профилем, минимальными объемами носовых конструкций ниже и выше ватерлинии и килеватыми шпангоутами;

– зигзагообразным форштевнем (Z-Bow) со сломом только в надводной части, вертикальными или с небольшим развалом бортами.

Указанные конструктивные решения приводят к образованию острых ватерлиний в подводной и надводной частях носовой оконечности, обеспечивая необходимые параметры ходкости на тихой воде и минимальное дополнительное сопротивление на волнении. Корабли с такими обводами мало подвержены слемингу из-за большой килеватости днища и практически вертикальных бортов.

Наблюдение за поведением быстроходных кораблей на встречном волнении позволило предложить форму носовой оконечности, которая получила название AP-Bow (Anti-Pitching Bow) [7]. Эта носовая оконечность является развитием идеи, заложенной при использовании надводных крыльев с отрицательным углом атаки. Она характеризуется уменьшенным объемом корпуса в надводной носовой части корабля за счет «смещения» форштевня выше ватерлинии в корму. Смещение форштевня выполняется в плоскости, наклоненной в сторону носа под некоторым углом. Этот угол можно рассматривать в качестве угла атаки при обтекании носовой оконечности встречным потоком воды. Меньшая протяженность выступающей в нос корабля части корпуса $l_{св}$, величину угла атаки α и высоту форштевня выше ватерлинии f можно выбрать вариант носовой оконечности, обеспечивающий

требуемое уменьшение амплитуд килевой качки при плавании на волнении заданной интенсивности (рис. 5). При этом характеристики ходкости корабля с традиционной и AP-Bow формой носовой оконечности на тихой воде и волнении интенсивностью меньше заданной будут близки.

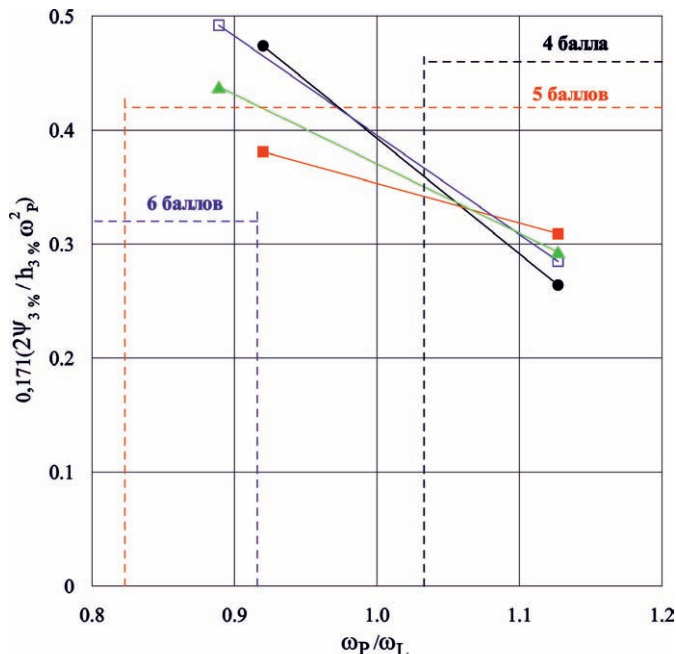


Рис. 5. Диаграммы килевой качки корабля с носовой оконечностью типа AP-Bow на встречном нерегулярном волнении при числе Фруда 0,26

● – традиционная форма форштевня; ■ – $l_{SB}/l_{PP}=0,124$; $\alpha=-10^\circ$; $f/l_{PP}=2,0\%$; □ – $l_{SB}/l_{PP}=0,124$; $\alpha=-5^\circ$; $f/l_{PP}=2,0\%$; ▲ – $l_{SB}/l_{PP}=0,129$; $\alpha=-10^\circ$; $f/l_{PP}=2,0\%$; l_{PP} – длина корабля между перпендикулярами; ω_p – частота максимума волнового спектра; ω_L – частота волны с длиной, равной длине корабля

Как показывают данные наблюдений за поведением кораблей разных обводов на встречном волнении, а также результаты модельных испытаний, корабли с острой формой носовой оконечности чаще подвержены заливанию, чем корабли обычной архитектуры.

При оценке эффективности использования корабля в условиях заливания необходимо учитывать последствия попадания воды на палубу в носовой оконечности. Попадание воды на палубу может происходить двумя путями: за счет сильного брызгообразования при встрече корпуса с волной, а также при погружении палубы у форштевня в волну (так называемое, зарывание). В первом случае заливание само по себе, как правило, не представляет угрозы кораблю и не влияет на его боевое использование. Однако попадание больших масс заборной воды на палубу может приводить к определенным ограничениям. Интенсивность заливания, т.е. количество воды на палубе и ее кинетическая энергия при однократном заливании, существенно зависят от глубины погружения палубы в носовой оконечности в волну, ширины палубы и скорости корабля. С увеличением указанных

параметров интенсивность заливания увеличивается. Острые обводы в носу корабля, погибь бимсов позволяют заметно снизить массу поступающей на палубу воды при заливании корабля и быстрому ее удалению за борт. Высоту надводного борта в носовой оконечности следует выбирать из условия

предъявляемых к кораблю требований по использованию носовых палубных технических средств на предельно допустимом волнении.

3. При разработке проекта корабля зачастую возникает проблема обеспечения его стабилизации на волнении в отношении крена. Существуют два принципиально различающихся инженерных решения, направленных на снижение амплитуд бортовых наклонений корабля: использование успокоительных цистерн и управляемых бортовых рулей. Кроме этих двух решений существует и третий, достаточно простой в конструктивном отношении путь снижения интенсивности бортовой качки – установка на корпусе скуловых килей [8]. Скуловые кили устанавливаются практически на всех судах, кроме тех, на которых это недопустимо по условиям эксплуатации (например, корабли арктического плавания). Кили создают стабилизирующий момент при бортовой качке за счет сопротивления при их отрывном обтекании. Роль этого успокоителя по сравнению с действием демпфирования самого корпуса наиболее заметна для круглых обводов. Установка скуловых килей позволяет

снизить амплитуды бортовой качки в резонансных режимах в 1,2 – 1,8 раза.

Успокоительные цистерны могут быть различных типов [9, 10]. Наиболее эффективными являются резонансно-настроенные пассивные успокоительные цистерны (цистерны Фрама 1-го рода). Действие таких цистерн надежно прогнозируется расчетным путем. Цистерна представляет собой U-образный сосуд с вертикальными цилиндрическими боковыми ветвями, имеющие оси, параллельные ДП корабля. Ветви в нижней части соединяются между собой водяным каналом, параллельным основной плоскости и располагающимся поперек корабля. На рис. 6 схематично показано размещение цистерны в корпусе. Геометрия такой цистерны, а именно, водяного канала, подбирается таким образом, чтобы период свободных колебаний воды в цистерне совпадал с собственным периодом бортовых колебаний корабля. В этом случае действие цистерны существенно снижает пик амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) бортовой качки в районе резонанса.

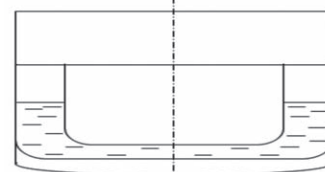


Рис. 6. Схема U-образной успокоительной цистерны

На рис. 7 показаны АЧХ бортовой качки корабля при неработающей цистерне и при ее действии.

АЧХ бортовой качки

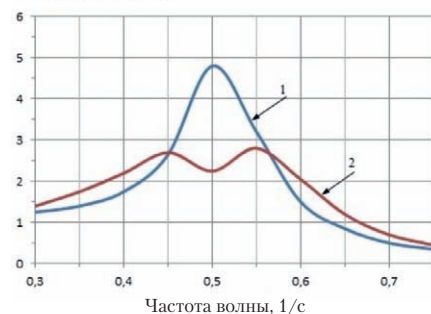


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика бортовой качки
1 – цистерна не работает; 2 – цистерна работает

Описанная цистерна достаточно эффективна и при грамотном выборе ее элементов и удачном расположении позволяет снизить амплитуды качки в 1,4 – 1,7 раза.

В лаборатории мореходности Крыловского государственного научного центра выполнены расчеты характеристик цистерны и кратности умерения бортовой качки проектируемого корабля при плавании в различных волновых условиях (баллы). Результаты расчетов, представленные в табл. 1, демонстриру-

ют достаточно высокую эффективность такого рода успокоителя, $K = \frac{\theta_{0,3\%н}}{\theta_{0,3\%у}}$.

Таблица 1
Бортовая качка корабля с неработающей $\theta_{0,3\%н}$ и работающей $\theta_{0,3\%у}$ цистерной

Бортовая качка	Волнение, баллы			
	5	6	7	8
$\theta_{0,3\%н}$, град.	4,91	15,49	21,38	25,78
$\theta_{0,3\%у}$, град.	3,34	8,40	12,32	15,58
K	1,47	1,84	1,74	1,65

К резонансно-настроенным могут быть отнесены цистерны со свободной поверхностью в соединительном канале (типа «Флюм»). Канал имеет ту же высоту, что и бортовые ветви, но меньшую ширину в плане. На рис. 8 показана одна из схем такой цистерны, она частично заполнена водой и потому имеет в канале свободную поверхность. Это обстоятельство приводит к дополнительному снижению остойчивости корабля, вместе с тем конструкция цистерны позволяет изменять уровень жидкости в канале, за счет чего меняется площадь его рабочего сечения и, соответственно, период свободных колебаний жидкости. Таким образом оказывается возможным в определенных пределах менять настройку цистерны. В целом при резонансной настройке эффективность действия цистерн типа «Флюм» оказывается близкой к эффективности использования U-образных цистерн, однако они требуют несколько большего пространства для своего размещения.

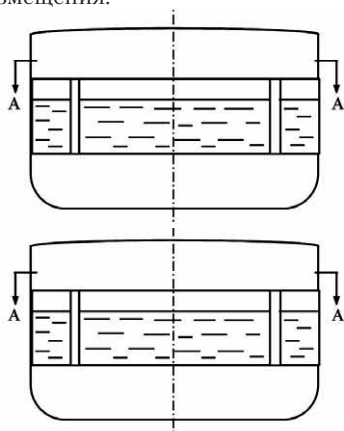


Рис. 8. Успокоительная цистерна типа «Флюм»

Известны также предложения по использованию успокоителей качки в виде цистерн, предназначенных для снижения начальной остойчивости при бортовых колебаниях. Несмотря на различное конструктивное оформление, в них используется общий принцип: частота свободных колебаний жидкости в таких цистернах в 2 раза или более превосходит частоту свободных колебаний

корабля. Из-за этого в процессе качки на волнении жидкость в цистерне ведет себя, как при статическом наклонении. В этом случае максимум АЧХ бортовой качки корабля с такой цистерной смещается в область очень низких частот, где незначительны ординаты спектра волнового возмущения [9].

В подавляющем большинстве случаев успокоительные цистерны применяются тогда, когда необходимо умерение качки объекта при малых скоростях хода или в отсутствии хода. При разработке проекта, для которого необходимо снижение амплитуд качки на ходу, тем более для высоких скоростей хода, порядка 18 – 20 уз и выше, следует проработать возможность использования активных гидродинамических успокоителей – управляемых бортовых рулей [11]. Такой успокоитель представляет собой пару рулей (а иногда, в достаточно редких случаях, и две пары), перекадка которых происходит с помощью специального механизма по определенному закону. Эффективность действия такого рода успокоителей достаточно велика и при удачно спроектированном успокоителе в условиях движения корабля на волнении, близких к резонансным, кратность умерения может достигать 3–6. На рис. 9 показано типичное размещение управляемых бортовых рулей.

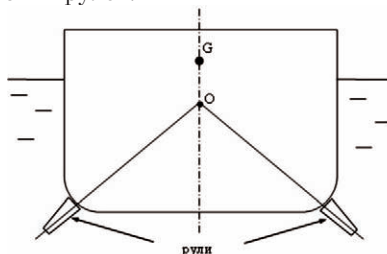


Рис. 9. Бортовые управляемые рули

Наиболее эффективным и применяемым на практике в большинстве случаев является использование закона управления перекадкой рулей по угловой скорости бортовой качки. Тем самым у динамической системы «корабль на волнении» увеличивается демпфирование, пропорциональное скорости наклонения. Очевидно, что при таком управлении рули действуют весьма эффективно в наиболее тяжелых условиях – близких к резонансным режимам. Существующие расчетные средства дают возможность выбрать оптимальную конструкцию рулей и место их расположения на корпусе.

Эффективность использования бортовых управляемых рулей подтверждают результаты расчетов, приведенных в табл. 2 применительно к быстроходному кораблю для различных скоростей движения, отвечающих «резонансным» курсовым углам [11].

Таблица 2
Бортовая качка корабля без успокоителей и с активными управляемыми рулями

Волнение, баллы	Характеристики качки на «резонансных» курсовых углах		
	Без рулей $\theta_{0,3\%н}$, град.	С рулями $\theta_{0,3\%у}$, град.	K
Скорость 18 уз			
4	13,8	2,3	6,0
5	21,1	4,0	5,3
6	34,6	6,8	5,1
Скорость 24 уз			
4	12,8	2,5	5,1
5	21,1	4,3	4,9
6	32,2	7,2	4,5
Скорость 32 уз			
4	12,8	3,1	4,1
5	21,8	5,5	4,0
6	31,9	8,9	3,6

ЛИТЕРАТУРА

1. Крыжевич Г.Б., Ишков В.В. Влияние пассивных носовых крыльев-стабилизаторов на продольную качку и общий изгиб быстроходных судов // Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2009. – Вып. 46 (330).
2. Соколов В.П. Патент на изобретение «Стабилизирующее устройство судна», № 2063362, 1996.
3. Sokolov V.P., Sutulo S.V. Study of the Sea-keeping of a Fast Displacement Catamaran Equipped With Above-Water Bow Anti-pitching Fins. – CRF'96 Conference, St-Petersburg, Russia, 1996.
4. Sokolov V.P., Sutulo S.V. A Practical Approach to a Fast Displacement Ship's Stabilization in Head Seas. International Conference on Fast Sea. – Transportation, FAST'2005, St-Petersburg, Russia, 2005.
5. Sokolov V.P. Family of Fast Displacement-Type Craft // Military Parade, Russia, 1999. 6(36).
6. Белоненко В.Ф., Каневский Г.И. и др. Патент на изобретение «Надводное однокорпусное водоизмещающее быстроходное судно», № 2155693, 2000.
7. Платонов В.Г., Соколов В.П. К вопросу умерения килевой качки скоростного водоизмещающего судна с помощью пассивных интегрированных с корпусом успокоителей. – Тезисы докладов конференции «Российское кораблестроение: от академика А.Н. Крылова до наших дней», СПб., 2014.
8. Шмырев А.Н. и др. Успокоители качки судов. – Л.: Судостроение, 1972.
9. Мореншилдт В.А. Выбор типа и элементов успокоителей бортовой качки судна, оценка эффективности их действия. // Судостроительная промышленность: Серия: Проектирование судов, НТС. – 1988. – Вып. 9.
10. Bremser M. Roll-Reduction Tanks – Benefits and Limits, Rolls – Royce, 2010.
11. Справочник по теории корабля / Под ред. Я.И. Войткунского, –Л.: Судостроение, 1985. ■

Продолжение следует

Крепление судовых трубопроводов к несущим конструкциям осуществляется при помощи подвесок. С целью обеспечения комфортных условий для экипажа подвески должны быть виброизолирующими.

Целенаправленные работы по снижению виброактивности современных судовых машин и механизмов, созданию для них эффективных амортизаторов и новых схем амортизирующих креплений, а также по выбору малощумных режимов работы оборудования привели к тому, что определяющей в формировании акустических параметров помещений современных судов становится акустическая энергия, распространяющаяся по судовым трубопроводам.

По трубопроводам акустическая энергия распространяется как по рабочей среде (гидродинамический шум), так и по структуре (вибрация). По судовым конструкциям эта энергия передается в основном через узлы крепления трубопроводов к корпусным и внутри-корпусным конструкциям.

Для снижения передачи акустической энергии от трубопроводов на корпусные конструкции необходимо использовать соответствующие средства виброизоляции во всех местах их контакта. В качестве этих средств и используются виброизолирующие подвески трубопроводов.

Виброизолирующие подвески должны обеспечивать надежное крепление трубопроводов к несущим судовым конструкциям, без значительных перемещений трубопроводов и разрушений при всех возможных эксплуатационных воздействиях, которые могут быть статическими, квазистатическими и динамическими.

К *статическим нагрузкам* на подвески относится нагрузка от веса собственно участка трубопровода, она действует постоянно в течение всего срока службы, начиная с момента монтажа амортизированного трубопровода. К статическим нагрузкам относятся и нагрузки, возникающие при длительном крене и дифференте судна. Необходимо учитывать, что в ходе строительства судна трубопроводы обычно используются как опоры для судосборщиков, поэтому на подвеску может действовать нагрузка, равная весу человека, в течение ограниченного времени.

К *квазистатическим нагрузкам* на подвески относятся дополнительные нагрузки, возникающие при качке судна на волнении и при смене режима работы оборудования. Длительность этих нагрузок определяется возможными районами плавания судна и режимами эксплуатации его оборудования.

К *динамическим нагрузкам* на подвески относятся длительные вибрационные нагрузки, обусловленные работой элементов трубопроводной системы и вибрацией несущих судовых конструкций. Эти нагрузки действуют в течение всего периода плавания судна. К динамическим нагрузкам относятся и кратковременные нагрузки, возникающие при толчках и ударах судна в ходе эксплуатации. Для проектирования подвесок необходимо количественно определить все параметры этих воздействий.

В силу специфики использования подвески в отличие от амортизаторов проектируются не под какую-либо определенную номинальную нагрузку, а под определенный диаметр трубопровода. Постоянно действующая статическая нагрузка, приходящаяся на каждую подвеску расположенного горизонтально трубопровода, определяется весом приходящейся на нее части трубопровода. Вес такого участка трубопровода определяется расстоянием между подвесками, плотностью материала стенок трубопровода и рабочей среды, а также наличием на трубопроводе различного рода элементов, таких как фланцы, арматура, тройники и т. п.

Расстояния между подвесками в соответствии с действующей нормативно-технической документацией [1] должны

СУДОВЫЕ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИЕ ПОДВЕСКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Н.В. Волкова, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
В.И. Голованов, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
С.Ю. Никишов, канд. техн. наук, начальник сектора
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 415 4962, 415 4679, 242 1576

быть равны 1 м, однако при монтаже трубопровода допускаются отклонения от этой величины на 20% как в ту, так и в другую сторону. Поэтому необходимо принимать, что на подвеску приходится вес 1,2 м трубопровода.

Поскольку в зависимости от назначения трубопроводы практически одного диаметра могут различаться между собой по материалу (сталь, цветной металл, сплав, композит и т. п.), по толщине стенок (определяется внутренним давлением), по рабочей среде (вода, масло, топливо и т. п.), на типовую подвеску одного типоразмера могут приходиться статические нагрузки, которые заметно различаются между собой.

Вес участка трубопровода P с учетом рабочей среды может быть определен при помощи следующей формулы:

$$P = \pi \cdot r \cdot (2 \cdot t \cdot \rho_{\text{ст}} + r \cdot \rho_{\text{ср}}) \cdot L,$$

где r – радиус трубопровода; t – толщина стенки трубопровода; $\rho_{\text{ст}}$ – удельный вес материала стенок трубопровода; $\rho_{\text{ср}}$ – удельный вес рабочей среды трубопровода; L – длина участка трубопровода.

Рассчитанные по этой формуле максимальные веса 1 м типового трубопровода в зависимости от его диаметра приведены на рис. 1.

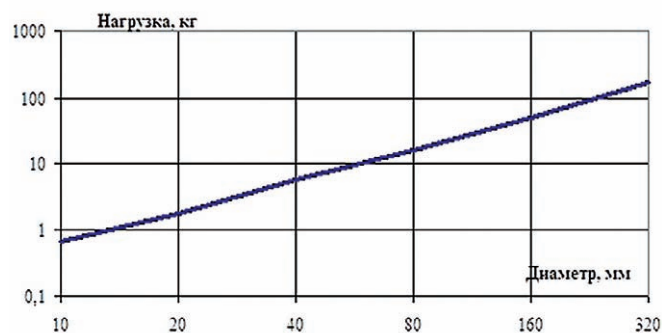


Рис. 1. Усредненная зависимость статической нагрузки на отдельную подвеску от наружного диаметра трубопровода

Поскольку полученные значения не учитывают веса фланцев, которые также могут нагружать подвеску, полученные величины необходимо увеличить в 1,5 раза. Эти нагрузки на подвеску действуют по направлению действия силы тяжести, т.е. по направлению оси Z_a подвески, постоянно.

Кроме статической нагрузки от веса трубы на подвески действуют также кратковременные нагрузки. К ним, в первую очередь, относятся нагрузки, возникающие при крене и дифференте судна.

Величины этих нагрузок определяются максимально допустимыми углами крена и дифферента судна. Поскольку при проектировании типового судового оборудования предполагается, что максимальными углами крена и дифферента являются углы, равные 45° , это же значение необходимо принимать и при проектировании типовых подвесок трубопроводов. При этом на подвеску в направлении осей X_a и Y_a подвески действует нагрузка, величина которой определяется по формуле

$$P_x = P_y = P_z \cdot \sin 45^\circ = 0,707 \cdot P_z.$$

Длительность этих нагрузок определяется возможными районами плавания судна и режимами его эксплуатации.

Кроме этих нагрузок в ходе эксплуатации и особенно строительства судна на каждую подвеску (во всяком случае, начиная с подвесок трубопроводов диаметром более 50 мм) может приходиться вес человека, т.е. дополнительная статическая нагрузка порядка 75 кг, которая действует, как уже сказано в течение ограниченного времени.

Кроме статических нагрузок на подвески действуют дополнительные медленно меняющиеся во времени нагрузки (квазистатические нагрузки), возникающие при качке судна на волнении и при смене режима работы оборудования.

Поскольку значения ускорения при качке не превышает ускорения свободного падения, добавочные нагрузки при качке могут достигать действующих статических нагрузок на подвеску. Эти добавочные нагрузки могут быть направлены по всем трем осям подвески. Длительность этих нагрузок определяется возможными районами плавания судна и режимами его эксплуатации. Частота такого квазистатического воздействия определяется частотой качки судна на волнении. Для типовых подвесок, также как и для амортизаторов, целесообразно принимать частоту качки в диапазоне (0,1–0,15) Гц.

К динамическим нагрузкам на подвески относятся длительные вибрационные нагрузки, обусловленные работой элементов системы и вибрацией несущих судовых конструкций. Они действуют в течение всего периода плавания судна. Кроме этого, к динамическим нагрузкам относятся также разовые кратковременные нагрузки, возникающие при толчках и ударах судна в ходе эксплуатации.

Вибрация, возникающая при работе судовых механизмов и элементов систем, передается на трубопроводы и, соответственно, на их подвески. Частотная зависимость амплитуды вибрации определяется требованиями, предъявляемыми к механизмам. Время действия таких нагрузок определяется временем работы механизма, поэтому можно считать, что это время равно времени нахождения судна в море.

Кроме вибрации от механизмов на подвески воздействует ходовая вибрация корпуса судна. Наиболее заметно ходовая вибрация проявляется на режиме полного хода и на близких к нему режимах. Амплитуда этой вибрации определяется параметрами судна, а частота является лопастной частотой, т.е.

$$f_{\text{хв}} = \frac{N}{60} \cdot Z,$$

где N – число оборотов вала, об/мин; Z – число лопастей винта.

Время действия такой нагрузки определяется временем движения судна на режиме полного хода или на близких к нему режимах.

Кратковременными динамическими нагрузками являются ударные нагрузки.

Для удовлетворения всем вышеперечисленным требованиям вначале в качестве виброизолирующих подвесок использовались подвески тип VI [1], упругий элемент которых выполнялся в виде нескольких (обычно четыре – шесть) слоев перфорированной резины 1, намотанной на трубопровод 2 и поджатой хомутом 3. Крепление подвески к несущим конструкциям осуществляется при помощи хвостовика 4. Внешний вид данной подвески представлен на рис. 2.

Для улучшения виброизолирующих свойств подвесок были созданы подвески ПТАК и ПТАП [2]. Их вид показан на рис. 3 и 4.

В подвеске ПТАК упругим элементом, охватывающим трубу, является резиновая прокладка.

Упругим элементом подвески ПТАП является пластинчатая пружина 5 S-образной формы.

В ходе дальнейшего развития были созданы подвески ПТАКСС, в которых в качестве упругого элемента исполь-

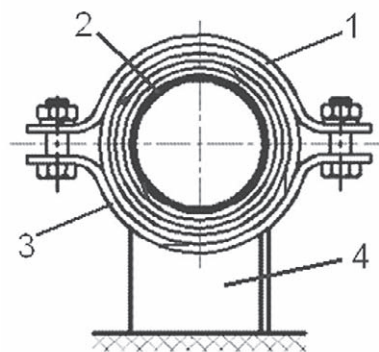


Рис. 2. Виброизолирующая подвеска судовых трубопроводов тип VI

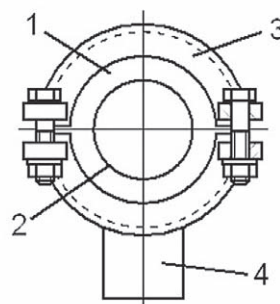
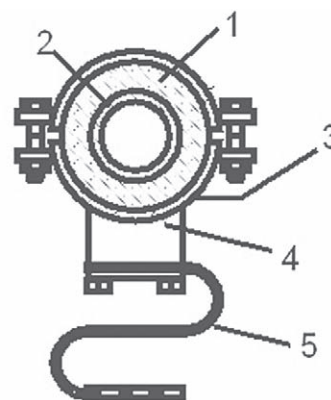


Рис. 3. Виброизолирующая подвеска судовых трубопроводов ПТАК

1 – упругий элемент; 2 – трубопровод; 3 – хомут; 4 – хвостовик

а)



б)

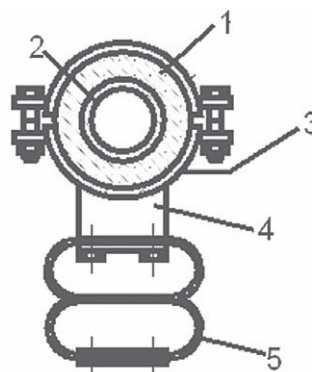


Рис. 4. Виброизолирующая подвеска судовых трубопроводов ПТАП:

а – для трубопроводов Ду от 32 до 100 мм; б – для трубопроводов Ду от 125 до 350 мм

1 – вкладыш; 2 – трубопровод; 3 – хомут; 4 – хвостовик; 5 – пружина

зовались амортизаторы АКСС-И [1]. Вид таких подвесок представлен на рис. 5.

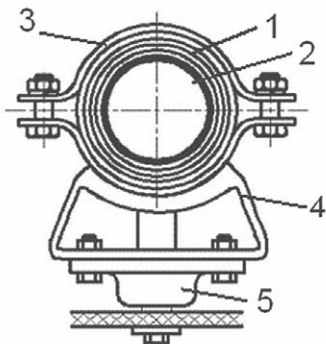


Рис. 5. Виброизолирующая подвеска судовых трубопроводов ПТАКСС

1 – прокладка (вкладыш); 2 – трубопровод; 3 – хомут; 4 – хвостовик; 5 – амортизатор АКСС

Затем силами сотрудников СевмашСКБ были созданы подвески ПВС – подвески виброизолирующие сотовые (рис. 6). Упругий элемент представляет собой разрезанное кольцо с продольными круглыми в сечении отверстиями.

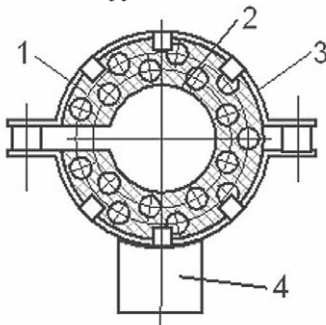


Рис. 6. Виброизолирующая подвеска судовых трубопроводов ПВС

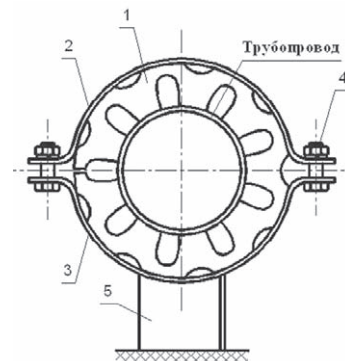
1 – упругий элемент; 2 – трубопровод; 3 – хомут; 4 – хвостовик

Однако виброизолирующая эффективность всех вышеперечисленных подвесок невысока, а монтаж их на трубопроводах достаточно сложен. Поэтому силами сотрудников АО «СПМБМ «Малахит» и ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [3, 4] были предложены подвески виброизолирующие малогабаритные зубчатые (ПВМЗ) (рис. 7, а и б). Они представляют собой сборную конструкцию, состоящую из унифицированного упругого элемента 1 [5], поставляемого ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Элемент, внешний вид которого представлен на рис. 8, охватывает трубопровод по наружной поверхности и фиксируется при помощи полухомутов 2, 3 и элементов крепления 4. При монтаже на объекте к одному из полухомутов приваривается хвостовик 5.

Форма вырезов обеспечивает технологичность монтажа конструкции для труб различного диаметра, без смыкания вырезов, что гарантированно обеспечивает высокие виброизолирующие свойства подвески. В случае необходимости изменения жесткостных характеристик подвески, упругий элемент 1 необходимо перевернуть другой стороной по отношению к трубопроводу, как это показано на рис. 7, б.

Основным их преимуществом является существенно меньшая трудоемкость изготовления и монтажа за счет конструк-

а)



б)

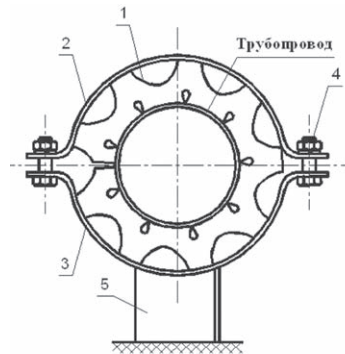


Рис. 7. Конструктивная схема ПВМЗ

1 – унифицированный упругий элемент; 2, 3 – полухомуты; 4 – элементы крепления; 5 – хвостовик

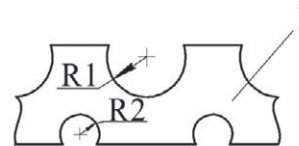


Рис. 8. Внешний вид унифицированного упругого элемента

тивной простоты, что делает использование указанных подвесок экономически выгодным.

Таким образом, рассмотрены как существующие, так и новые, используемые при строительстве судов виброизолирующие подвески трубопроводов. Наиболее эффективными являются подвески ПВМЗ, упругие элементы которых поставляет ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 5 Р.5398–83. Подвески трубопроводов амортизирующие. Типы, основные параметры и размеры. – Введ. 1985–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Попинов В. Р. Судовые амортизирующие виброизолирующие и противоударные конструкции. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2014. – 237 с.
3. Патент на полезную модель № 140226. Виброизолирующая подвеска трубопровода / Н. В. Волкова, В. И. Голованов, В. Г. Иванов, А. В. Ионов, С. Ю. Никишов (РФ). Патентообладатель – ФГУП «Крыловский государственный научный центр».
4. Подвеска виброизолирующая малогабаритная зубчатая. Сб. чертежей. ЛТНП. 301525.152 СБ – СПб.: АО «СПМБМ «Малахит», 2012.
5. Элементы резиновые зубчатые для виброизолирующих подвесок трубопроводов. Технические условия. ИМЯН. 304242.651 ТУ – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2011. ■

На протяжении последних полутора десятилетий количество гражданских заказов в российском судостроении стабильно оставалось на крайне низком уровне. Несмотря на растущие объемы строительства судов различного назначения, в том числе крупнотоннажных, для российских заказчиков за рубежом, каждый более или менее крупный заказ в России становился «событием года» и за него разворачивалась настоящая битва между предприятиями. Получение заказа на серию судов (к сожалению, в редких случаях) не просто открывало горизонт планирования отдельного завода, но и определяло всю стратегию его дальнейшего развития.

На государственном и ведомственном уровне предпринимались определенные попытки упорядочить ситуацию, при этом абсолютное большинство принятых нормативных актов, программ, стратегий носили декларативный характер. Была поставлена задача увеличить в несколько раз производительность труда, долю на мировом рынке гражданского судостроения и т. п., но при этом недостаточное внимание уделялось основному пути для достижения таких целей, а именно разработке стимулов для привлечения заказчиков и, соответственно, для обеспечения необходимой финансовой базы.

Серьезные изменения в лучшую сторону произошли в конце 2015 – начале 2016 гг., когда вопрос гражданского судостроения не только поднялся на высший уровень, но и оказался под пристальным постоянным вниманием. Созданный Госсовет по теме рыболовства, резкой критике подверглась практика массового размещения заказов в Юго-Восточной Азии, готовится ряд нормативных актов, устанавливающих четкие критерии, стимулирующие размещение заказов на российских верфях.

Несмотря на существующую критику, ничего нового в этом нет. Политика здорового государственного протекционизма в отношении отраслей, с одной стороны, характеризующихся длительным производственным циклом и невысокой маржинальностью, а с другой – в значительной степени обеспечивающих рост ВВП страны, широко применяется во многих странах, в том числе США, Южной Кореи, Бразилии. Именно продуманные механизмы государственной поддержки позволяют, в частности, южнокорейским верфям выживать в кризисные периоды, один из которых, к слову, наблюдается в настоящее время.

Однако у потенциальных заказчиков возникают резонные вопросы:

- готово ли российское судостроение к массовому размещению гражданских заказов;
- нет ли текущих проблем у верфей и

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГРАЖДАНСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ ВЕРФЯХ: «БИЗНЕС ЕСТЬ БИЗНЕС»

А.С. Соловьев, ген. директор
ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. (81378) 28 686

не стремятся ли они решать их за счет полученного от заказчика финансирования на конкретный проект;

- что делается для того, чтобы обеспечить не только интересы верфей и выполнение поставленных государством глобальных задач, но и коммерческую привлекательность постройки судов в России?

Разумеется, аналогичные вопросы должны задать себе и российские верфи, поскольку гражданское судостроение – это прежде всего бизнес и мерами административного регулирования можно лишь стимулировать выполнение определенных задач, но не обеспечить его. А в бизнесе, как известно, ключевой задачей подрядчика является удовлетворение в разумной мере желаний заказчика за его деньги.

Готово ли отечественное судостроение к выполнению массовых гражданских заказов в краткосрочной перспективе? Что и как нужно для этого сделать? Рассмотрим эти вопросы подробно.

1. Анализируя вопрос где строить, прежде всего следует констатировать, что большинство российских верфей в среднем и крупном сегменте ориентируется на военное кораблестроение. Не подвергая сомнению важность данного факта для развития и существования государства, необходимо учитывать практическую несовместимость гражданского и военного производства одновременно на одной верфи. Это положение неоднократно озвучивалось, в частности, в работах академика В. М. Пашина: «Строить конкурентоспособную морскую технику на заводах (верфях) преимущественно военного кораблестроения невозможно в принципе. Состав производства, экономика и менеджмент чисто гражданского верфи и завода военного кораблестроения различны... Кроме того, при смешанном производстве неизбежно происходит не всегда обоснованное дотирование гражданской продукции ... за счет военного кораблестроения».

Далее он писал: «Совмещение на одном заводе выпуска военной и гражданской продукции связано с действием противоречивых экономических факторов. При постройке кораблей действует способ оплаты заказов, основанный на

возмещении затрат. Завод-строитель обосновывает показатели трудоемкости, стоимость комплектации и себестоимость. На это начисляется плановая прибыль 10–15%. Так формируется цена корабля. Производитель заинтересован обосновать заказчику разумно большую себестоимость. В гражданском судостроении все по-другому. Там есть некая условно фиксированная рыночная цена. Желание получить наибольшую прибыль стимулирует снижение себестоимости».

На практике происходит следующее.

А. Для любой российской верфи чрезвычайно остро стоит вопрос размера накладных расходов. Внешние факторы (начиная с климата), изношенность основных фондов, неэффективное расходование энергоносителей, устаревшая логистика, не относящиеся к основному производству расходы на содержание охраны (для военных верфей) и обеспечение внутриобъектового режима, финансирование объектов соцкультбыта и т. п. – все это формирует гигантский размер накладных расходов до нескольких сот процентов. Их необходимо либо снижать, либо куда-то «запирать».

Учитывая, что в стоимость военных заказов закладываются определенные затраты на подготовку и обеспечение основного производства (через трудоемкость, обоснование себестоимости и т. д.), рассчитываемые по нормативам, зачастую далеким от реальности и не отражающим современные технологии судостроения, высока вероятность того, что военная верфь при формировании цены потенциального гражданского заказа искусственно занижит его реальную стоимость, «спрятав» часть накладных расходов в каком-либо военном заказе. Недавнее ужесточение порядка финансирования военных заказов к этому отношению не имеет, поскольку затрагивает в основном механизм финансирования, но не порядок формирования цены заказа. Справедливости ради нужно отметить, что накладные расходы на обеспечение производства военной продукции объективно гораздо выше таковых в гражданском судостроении (в части, например, гораздо более жестких требований к проведению приемок, согласованию списка поставщиков, поряд-

ку финансирования или обеспечению режима на предприятии).

В итоге проигрывают все – государство, дотирующее без достаточных оснований коммерческие заказы, верфи, вместо реальной оптимизации затрат занимающиеся искусственным, коммерческие заказчики, рискующие получить не тот продукт и не в те сроки, которые им требуются.

Б. Привыкнув к описанному выше механизму ценообразования в сфере ГОЗ, некоторые верфи прибегают к демпингу, занижая первоначальную цену судна в расчете на то, что впоследствии ее увеличение можно будет обосновать заказчику на основе объективных данных по факту строительства заказа. В коммерческом же судостроении такая практика не то чтобы полностью отсутствует, но является весьма редким исключением из правил, поскольку любой коммерческий заказ основан на определенных экономических расчетах дальнейшей эксплуатации судна в рамках экономической деятельности судовладельца.

При подписании контракта подрядчик соглашается с твердой фиксированной ценой. Все риски (включая курсовые разницы, инфляцию, рост цен на комплектующие и т. п.) должны быть изначально заложены в цену контракта (механизмов для этого достаточно), которая при всем том должна оставаться привлекательной для заказчика.

В результате возникают неприятные для обеих сторон ситуации и конфликты, причем каждая сторона считает себя пострадавшей, основываясь на своей собственной «правде».

Следует отметить, что заказчики тоже иногда стремятся прибегнуть к аналогичной тактике, требуя уменьшить цену заказа, если, например, снизилась в результате торговывания верфью на этапе закупочной кампании цена пакета оборудования или комплектующих. И этот прием также не соответствует обычной мировой практике, когда подрядчик принимает на себя все риски в период строительства, и данная разница является его законной прибылью. Однако здесь все зависит от текста контракта и решается на этапе его подписания.

В. Даже с учетом реализуемой в настоящее время политики импортозамещения объем импортируемого оборудования для гражданских судов (в особенности, специальных и крупнотоннажных) вряд ли составит в краткосрочной перспективе менее 70%. И дело даже не в способности или неспособности отечественной промышленности производить те или иные группы товаров. Просто судостроительный рынок вообще и рынок судового оборудования в частности гораздо уже многих других

рынков и, как следствие, более глобален. Поэтому соотношение «цена-качество», является единственным критерием как для коммерческого заказчика, так и для гражданской верфи. Этот факт в настоящее время по ряду позиций оправдывает выбор импортной продукции (не говоря уже о значительном сегменте оборудования, где российские производители полностью отсутствуют).

Разумеется, это несколько не умаляет усилий отечественной промышленности в сфере импортозамещения, результатом которого должна стать не просто замена импортного оборудования отечественным, но и полноценное «врастание» последнего в глобальный рынок, и успешная конкуренция на нем. Все это, однако, возможно (в части основного судового оборудования), лишь в средне- и долгосрочной перспективе.

Таким образом, неизбежно возникают практические трудности, касающиеся как самих поставок оборудования на верфи, вовлеченные в ГОЗ, так и вопросов его монтажа и пусконаладочных работ, выполняемых иностранными специалистами.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать практическую возможность эффективного строительства гражданских судов лишь на верфях, специализирующихся на данном сегменте, либо на верфях, где гражданское производство физически отделено от военного и не смешивается с ним ни практически, ни в экономических расчетах. Последний вариант реализуется сейчас на строящейся верфи «Звезда» на Дальнем Востоке.

2. Продолжая анализировать практическую готовность российских верфей, следует остановиться и на ее технической составляющей. Прежде всего нужно констатировать, что крупнотоннажные коммерческие суда на данный момент строить негде. По крайней мере, до ввода в полноценную эксплуатацию дальневосточной «Звезды». Все существующие мощности, теоретически (подчеркиваю – именно теоретически) способные строить суда дедеветом 70–100 тыс. т, прочно задействованы в выполнении госзаказов. При этом в современном мировом судостроении суда до 100 тыс.т DWT отнюдь не являются наиболее привлекательными с коммерческой точки зрения. Можно отдельно выделить лишь керченский завод «Залив», располагающий соответствующим сухим доком, однако строительство на нем коммерческих судов, эксплуатация которых, разумеется, предполагается не только в российских водах, для заказчиков судов пока сопряжено с риском возникновения юридических вопросов.

В секторе среднетоннажных судов следует отметить лишь Волго-Каспий-

ский регион, транспортные маршруты которого в значительной степени изолированы от мирового рынка и, следовательно, ориентированы на местных производителей судостроительной продукции, а также отдельные верфи Балтийского региона.

3. Наиболее тесно с вопросом где строить, разумеется, связан вопрос кто строить. Как уже было сказано выше, глобализация в мировом судостроении зашла дальше, чем в других отраслях. И совершенно очевидно, что крупнотоннажный танкер, например, всегда будет дешевле построить в Китае, чем где-либо еще. Именно поэтому европейские верфи в свое время совершенно правильно отказались от соревнования в Японии, Корее, а позднее с Китаем, сосредоточившись на довольно узкой нише высокотехнологичных судов, а также круизных лайнеров.

Следует признать, что в том же направлении, хотим мы этого или нет, предстоит двигаться и российскому судостроению. Коммерческий заказчик, оценивая стоимость относительно простого серийного судна, всегда будет руководствоваться только одним – какова его окупаемость с учетом действующих на международном рынке ставок фрахта.

В то же время, если речь идет о специализированных высокотехнологичных судах, которые, как правило, строятся в единичных экземплярах или малыми сериями и к тому же предназначены для эксплуатации в сложных внешних условиях, цена перестает быть единственным фактором – учитываются и опыт судостроителя, и научный задел, и квалификация персонала.

Хорошей нишей для российского судостроения являются суда различного тоннажа усиленного ледового класса (от Arc6 и выше), ледоколы, НИСы, и прочая морская техника, предназначенная для плавания в замерзающих морях. Вот в этом сегменте приоритет российского судостроения пока еще неоспорим – по крайней мере, в ближайшее десятилетие. Особое внимание следует уделить строительству крупнотоннажных судов такого класса – эффективная серийная постройка их станет возможной в долгосрочной перспективе, когда будут введены в эксплуатацию соответствующие мощности (прежде всего это относится к судостроительному комплексу «Звезда»).

Поэтому оптимальным вариантом для российских верфей будет в данный момент специализация на строительстве именно таких типов судов, а также высокотехнологичных судов, постройка которых объективно связана с их дальнейшей эксплуатацией в российской экономической зоне и поэтому стимулируется государством (сюда относятся рыболовные суда и технические средства освое-

ния шельфа), а в перспективе – развитие строительства крупнотоннажных судов того же класса.

4. Следующим естественным вопросом представляется вопрос, как строить? Вновь обратимся к работам академика В. М. Пашина: «Серьезным фактором является отставание от мировых лидеров судостроения в уровне технологии и организации работ. Удельная трудоемкость производства в отрасли в 3–5 раз выше, а продолжительность постройки судов в 2–2,5 раза больше. Такая ситуация сложилась практически еще в советское время и усугубилась из-за морально-физического износа основных фондов промышленности и длительного «режима выживания» без реальных действий по радикальной перестройке.

Многие до конца еще не осознали, в чем именно наша технологическая отсталость. Сухие доки и большегрузные краны, о чем мы постоянно заботимся, – это главным образом возможность постройки крупнотоннажных судов. И это крайне необходимо. Но ни сроки, ни трудоемкость от этого существенно не снизятся. Необходим переход к принципиально иным технологическим процессам и организации производства. И в первую очередь надо модернизировать наше производство в направлении применения технологий точного изготовления и монтажа, что невозможно без использования цифровых технологий проектирования и производства».

В. М. Пашин писал это в 2010 г., однако с тех пор мало что изменилось. За исключением отдельных мероприятий на отдельных верфях никакого технологического прорыва не произошло.

Несмотря на то, что технология интегрированной крупноблочной сборки давно уже стала основной на всех ведущих мировых верфях, в России она почти не используется. Надо учитывать при этом, что ключевым понятием здесь является не слово «крупноблочный», а слово «интегрированный».

Безусловно, формирование корпуса судна из гранд-блоков весом как минимум 600 т, полностью окрашенных в закрытых помещениях в условиях соответствующего микроклимата, положительно влияет на скорость постройки и на качество готовой продукции. Однако не менее важным представляется, например, отсутствие припусков уже на заготовительной стадии – технология, повсеместно применяемая в мире, позволяющая минимизировать как сроки и трудоемкость на причерчивание и дополнительные работы по стыковке, так и расход металла, но практически нигде не встречающаяся в России при работе с более или менее крупными блоками.

Основным же фактором, обеспечивающим скорость и качество постройки, является использование максимально насыщенных блоков, когда все основные трубопроводы, кабеленесущие конструкции, арматура устанавливаются еще на этапе секционной сборки. Сборка корпуса в объем при этом сводится к сварке монтажных стыков и элементов насыщения.

Важным аспектом являются и общие организационные мероприятия, обеспечивающие постоянный контроль над всеми производственными процессами – от выпуска документации в производство, организации своевременного снабжения материалами и оборудованием до формирования секций и самих блоков (причем отдельно на каждом этапе).

Следует, однако, учитывать масштаб и практическую целесообразность внедрения данной технологии на конкретных верфях с учетом их индивидуальных особенностей. Специалисты ПАО «Выборгский судостроительный завод» начали изучать технологию крупноблочного строительства еще в 2006 г. При разработке проекта Приморской верфи мы анализировали опыт ведущих зарубежных верфей, их производственные программы, номенклатуру судов, особенности технологии, объемы собственного производства, объемы кооперации и количество построечных мест. В результате таких анализов нами были выявлены определенные закономерности, которыми мы и руководствовались при определении размеров наших макроблоков, учитывая нашу производственную программу, объемы производства и характеристику стапельных мест окончательной сборки судов. Исходя из нашей программы строительства и наших технологических возможностей, на настоящий момент, технический и экономически обоснован максимальный вес макроблока на ПАО «Выборгский судостроительный завод» в 300 т.

Для достижения этих целей ключевым моментом является организация не только производства, но и проектирования, когда к началу резки металла вся рабочая документация на корпус судна, включая 3D-модель, уже готова и выдана в производство (не говоря уже о закупке материалов и комплектующих), как это и положено при нормальной схеме ЕРС-контракта.

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. При условии использования этих возможностей, а также при внедрении технологий ин-

тегрированного крупноблочного строительства судов и оффшорных платформ можно достичь высоких показателей производительности труда в российском судостроении, а также значительно сократить сроки строительства.

К сожалению, ни отечественные проектные бюро, ни сами заводы пока не могут похвастаться успешной реализацией такого подхода.

Следует обратить внимание и на следующий аспект, широко, к сожалению, распространенный в отечественной практике. Почти для всех военных заказов характерным является выбор поставщиков основного (а нередко и всего прочего) оборудования проектантом. При этом заводу-строителю остается лишь закупить заявленные в проекте позиции у соответствующих поставщиков. Не оспаривая правильность данного подхода при строительстве боевых кораблей, могу отметить, что в коммерческом судостроении российским верфям он полностью противопоказан. Проектант вообще не должен иметь отношения к выбору того или иного поставщика, безотносительно его важности для конструкции судна – это дело верфи и заказчика. Поясню на примере «Выборгского судостроительного завода».

Во всех контрактах на разработку технических проектов, заключаемых заводом, в обязательном порядке содержатся следующие условия:

- при разработке технического проекта судна (ТП) проектант в установленные сроки разрабатывает и предоставляет заводу исходные технические требования (ИТТ) на все основное оборудование;
- проектант обязан в счет цены контракта произвести верификацию направляемых ему заводом технических предложений поставщиков (от трех до пяти) на предмет их соответствия ТП;
- верифицированные проектантом поставщики допускаются к участию в тендере, проводимом заводом;
- по результатам тендера, проектант, также в счет цены контракта, дорабатывает ТП с учетом технической документации, предоставленной выигравшим тендер поставщиком.

Согласование списка поставщиков с заказчиком производится заводом самостоятельно, на основе результатов проведенной проектантом верификации.

Данный подход на протяжении многих лет успешно используется на «Выборгском судостроительном заводе» и давно доказал свою коммерческую состоятельность. В противном случае, ни о какой коммерциализации процесса закупок говорить не приходится, а значит, исключается еще один способ оптимизации конечной стоимости постройки

и извлечение из этого прибыли на развитие верфи.

Особое внимание следует обратить на кадровый потенциал верфей. За последние десятилетия он оказался утрачен настолько, что заявленные темпы роста судостроительной промышленности просто некому выполнять. И хотя в последние годы ситуация начала исправляться, необходимо еще время для того, чтобы появилось достаточное количество обладающих практическим опытом инженеров, специалистов по пусконаладочным работам (последние вообще сейчас «на вес золота»), руководителей проектов. То же касается и рабочих судостроительных специальностей.

Должна быть создана многоступенчатая подготовка менеджеров, инженеров и рабочих, включающая помимо базового образования по судостроительным профессиям получение знаний по инновационным технологиям в системе переподготовки кадров.

5. Остается ключевой вопрос – какой должна быть цена? И он, наверное, самый сложный. Как уже отмечалось выше, методика ценообразования в коммерческом судостроении в корне отличается от ценообразования в системе ГОЗ. Каждый завод-строитель на этапе формирования своего коммерческого предложения самостоятельно оценивает как свои затраты, так и потенциальные риски и, безусловно, должен нести в дальнейшем ответственность за свои решения, так как цена контракта, как правило, является твердой и изменению не подлежит. Несколько по-иному заключаются государственные контракты, не относящиеся к госзаказу, но, тем не менее, не разрешающие в силу закона включать в цену контракта определенные виды расходов (например, хеджирование и некоторые другие финансовые инструменты), но в целом все сказанное относится и к ним.

Остановлюсь на нескольких ключевых моментах, с которыми обязательно сталкиваются стороны судостроительных контрактов и по поводу которых между заказчиком и строителем возникают наиболее принципиальные споры:

А. Россия – не Турция и не Китай. Климатические условия, в которых работают российские верфи, предполагают существенно большие расходы на содержание завода и обеспечение работоспособности производственных мощностей. То же относится и к необходимости соблюдения в процессе производства весьма жестких российских природоохранных, санитарных и трудовых правил. Не вполне корректно и сравнение с северо-европейскими, в частности норвежскими, верфями – с учетом того, что сами они в основном выполняют достроечные

работы на готовых корпусах, изготовленных на других верфях (к примеру, Восточной Европы), специализирующихся, к примеру, только на корпусных работах, что позволяет им оптимизировать штат и существенно снижать накладные расходы, предлагая весьма конкурентоспособные цены.

Б. Требования правил Российского морского регистра судоходства, Ростехнадзора, Санэпиднадзора и прочих многочисленных российских надзорных органов регуляторов чаще всего выше, чем, например, требования DNV и Норвежского Морского Директората. С уверенностью можно сказать, что, например, большинство рыболовных судов и линий по переработке рыбы в том виде, в каком они эксплуатируются в Норвегии, к эксплуатации по российским требованиям без доработок не будут допущены. Безусловно, это оказывает очень существенное влияние на цену, так как приводит к усложнению и увеличению объема проводимых на судне работ на этапе постройки.

В. Падение курса рубля, вне всякого сомнения, оказало определенное влияние на стоимость собственных работ российских верфей. Составляя примерно 30–40% от общей цены контракта, она снизилась в относительном выражении (в валютном эквиваленте, разумеется) примерно на 20% по сравнению с началом 2010-х (здесь, впрочем, необходимо учитывать и растущие рублевые затраты на энергоносители, тепло, высокие темпы инфляции).

Г. Как и на большинстве других проектов, экономику российских верфей губит отсутствие серийности. Это делает каждый заказ головным, его оборудование уникальным и вынуждает верфи не специализироваться на чем-то конкретном, а буквально воевать за каждый гражданский заказ между собой. Неизбежное следствие отсутствия серийности – недостаток налаженных связей с поставщиками, менее выгодные квотации, сужение возможности маневра для уторговывания. Представляется целесообразной определенная кооперация между потенциальными заказчиками, направленная если не на унификацию проектов, то, по крайней мере, на разработку неких базовых платформ для различных типов судов, тем более что соответствующие наработки имеются как у российских, так и у зарубежных проектных бюро.

Д. Как уже говорилось выше, значительная часть позиций общесудового оборудования и, в частности, практически 100% специального рыбообрабатывающего оборудования (что особенно актуально сегодня) будут импортироваться, так как они либо вообще не производятся

в России, либо российская продукция неконкурентоспособна по цене и качеству с импортными аналогами. Все потенциальные заказчики являются частными, и их предпочтения должны являться законом для верфи. Я бы оценил в качестве примера объем импорта в 70–75% материального пакета на средне- и крупнотоннажных рыболовных судах. Соответственно, либо цена контракта должна быть (полностью или частично) номинирована в валюте, либо в контракт должна быть включена валютная оговорка. Весьма эффективным вариантом представляется и бивалютный контракт, когда стоимость импортного пакета номинируется в валюте, а стоимость работ верфи – в рублях, что повышает прозрачность формирования цены для заказчика и может служить фактором повышения конкурентоспособности отечественных верфей в зависимости от положения дел на валютных рынках.

Резюмируя вышеизложенное, можно прийти к выводу о том, что российское судостроение вполне способно выполнить определенный объем заказов в определенном сегменте.

Не стоит требовать от него невозможного и, декларируя огромный объем потенциальных заказов (из которых хорошо, если несколько процентов трансформируются в реальные судостроительные контракты, которые одни и можно принимать в расчет), обвинять судостроителей в неспособности выполнить то, что в действительности часто остается на бумаге.

Гораздо более правильным будет акцент на использовании появившихся возможностей для развития коммерческого судостроения как за счет государственных инвестиций в важнейший реальный производственный сектор, так и за счет самих верфей, перед которыми стоит задача правильно распорядиться своими, как всегда, ограниченными ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин В.М. Флот. Судостроение. Наука. Размышления о путях развития. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2012. – С. 279, 420.
2. Пашин В.М. Жизнь для флота, судостроения, науки. – СПб.: ФГУП «КГНЦ», 2015. – С. 86.
3. Соловьев А.С. Крупноблочное строительство судов как решение для больших и сложных проектов в судостроении. – Морской вестник. – 2016. – № 1 (57). – С. 45–48.
4. Соловьев А.С. Кооперация с российскими и зарубежными партнерами по созданию морской техники для освоения Дальневосточного и Арктического шельфа. Мат-лы конф. XV Петербургского международного энергетического форума «Offshore Marintec RUSSIA», 2015. ■

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФИНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

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

При построении управленческого учета и анализе финансовой деятельности руководители ограничиваются моделированием денежных потоков, что, безусловно, является недостаточной мерой, так как не учитывает влияние широкого круга факторов, воздействующих на предприятие. Финансовое моделирование особенно актуально в настоящее время при сокращении доступности к внешнему финансированию и увеличении стоимости, повышении риска потери ликвидности и устойчивости компании. Финансовое моделирование особенно эффективно при решении задач, которые предполагают наличие накопленного опыта и разработанной методической основы:

- установление нормативных значенных результатов деятельности подразделений в увязке с конечными финансовыми результатами предприятия в целом;
- планирование (в том числе и на стратегическом уровне, с неограниченным временным горизонтом) производственной деятельности;
- прогнозирование влияния любых (предполагаемых или фактических) отклонений от заданного хода процесса на конечный финансовый результат;
- мотивация, контроль и стимулирование всех участников процесса.

Ключевое условие выполнения этих требований – наличие методического аппарата, позволяющего получить нужную информацию с минимальным искажением со стороны заинтересованных подразделений, в финансовых показателях, в агрегированном виде.

Широкое распространение информационных технологий привело к тому, что практически весь объем необходимой для решения перечисленных задач информации (в виде первичных данных), на предприятиях имеется. Отсутствует лишь завершенное в системном виде программное обеспечение обработки имеющихся массивов информации. Основой его может быть соответствующее моделирование финансовых процессов. Опыт применения математического моделирования к решению практических задач финансового менеджмента нельзя назвать ни обширным, ни однозначно успешным. Это обстоятельство побудило В.В. Ковалева [1] сформулировать следующее основополагающее положение: «Факторный анализ имеет смысл только в том случае, если выделенные факторы поддаются хотя бы минимальному управлению, т.е. прямому или косвенному воздействию со стороны финансового менеджера, руководителя, работника. Расчеты ради расчетов бессмысленны, а иногда и попросту вредны. Прежде чем решать какую-то задачу, в том числе и

с применением сложного математического аппарата, нужно хорошенько подумать, а что мы будем делать с полученными результатами».

В силу беспорочности этой мысли сравнительно широкое распространение получили лишь функциональные, жестко детерминированные модели. Классический пример подобной модели – определение порога рентабельности (точки безубыточности), где управляемый фактор – объем производства [4].

Процесс динамики затрат в процессе постройки судна с точки зрения финансиста – сугубо стохастический, и связи факторов могут быть лишь корреляционными. Поэтому авторегрессионные модели здесь используются главным образом для анализа временных рядов [1] и применяются почти исключительно для экстраполяционного прогнозирования при наличии достаточно большого числа членов ряда (предшествующих наблюдений). Например, таким методом довольно точно можно прогнозировать динамику предстоящих затрат при технической готовности судна 80%, но нереально достичь такого результата при готовности 20%.

Не случайно для характеристики адекватности уравнения авторегрессионной зависимости в практике финансового менеджмента обычно используют величину среднего относительного линейного отклонения:

$$\varepsilon = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{Y_t - \tilde{Y}_t}{Y_t} 100\%, \quad (1)$$

где $\tilde{Y}_t$ – расчетная величина показателя $\tilde{Y}$ в момент времени t ; Y_t – фактическая величина показателя Y ; T – продолжительность цикла постройки судна.

При этом для финансовых регрессионных моделей некоторые авторы полагают, что при $\varepsilon > 15\%$ уравнение уже не может использоваться в прогнозных целях [1].

Однако для целей планирования (бюджетирования) такую точность следует признать недостаточной. Поэтому аппроксимирующую функцию, как правило, стремятся выбрать по критерию близости расчетных значений к фактическим. Такой выбор критерия неизбежно

но ведет к нежелательному парадоксу при выборе моделирующих функций.

Следовательно, продвижение в области математического моделирования финансовых процессов в судостроении может быть достигнуто, если начать с установления параметров, которые должны управляться методами финансового менеджмента. На основе обобщения работ этого направления и опроса экспертов автор приходит к выводу, что таких параметров можно выделить, по меньшей мере, четыре:

- составляющие себестоимости судна, контролируемые производственным блоком предприятия на протяжении производственного цикла (фонд оплаты труда и переменная часть накладных расходов);
- продолжительность собственно производственного цикла;
- величина незавершенного производства;
- объем производственных запасов.

Кроме того, желательно хотя бы косвенно учитывать пятый параметр – характер (качество) организации производственного процесса – соотношение между параллельным или последовательным сочетанием частных производственных процессов и операций. Расчетным параметром должны выступать чистые терминальные затраты.

Начав выбор моделирующей функции с анализа статистических временных рядов нарастания затрат на постройку судов, нельзя не обратить внимания на их принципиальную, качественную идентичность. Графическое изображение такого ряда представляет собой кривую линию S-образного характера, проходящую через 0 в начале координат (т.е. при начале постройки судна) и через точку полной себестоимости – в конце.

Характер кривых одинаков для судов и кораблей всех классов и назначений, отличаясь лишь некоторыми количественными характеристиками.

Поэтому вслед за полиномиальными функциями приходится априори отвергнуть степенные, показательные, логарифмические функции, поскольку они не аппроксимируют S-образного харак-

тера эмпирических кривых. Из числа же S-образных кривых не удовлетворяют предъявленному требованию логистические функции; функции Гомпертца, Джонсона [3] и других, являющиеся асимптотами по отношению к своему предельному значению.

Зато представляют интерес нелинейные модели, основанные на использовании экспоненциальных функций вида

$$y = Ae^{-\beta t^\alpha} \quad (2)$$

Такие функции являются функциями роста, достигающими своего предельного значения на конечном отрезке времени (например, в продолжение цикла постройки судна).

Одним из первых примеров использования функции данного семейства к описанию экологического процесса – динамики последовательного замещения одних видов рыб другими в замкнутом изолированном водоеме, что дало повод назвать ее «экологической функцией» – было применение функции вида

$$y = e^{-\omega^2 t^2} \quad (3)$$

Структура процесса построения судна имеет много общего со структурой экологических процессов. Здесь также существует последовательный ряд видов производства (технологических переделов) частных производственных процессов, замещающих друг друга в неизменном порядке (рис. 1).

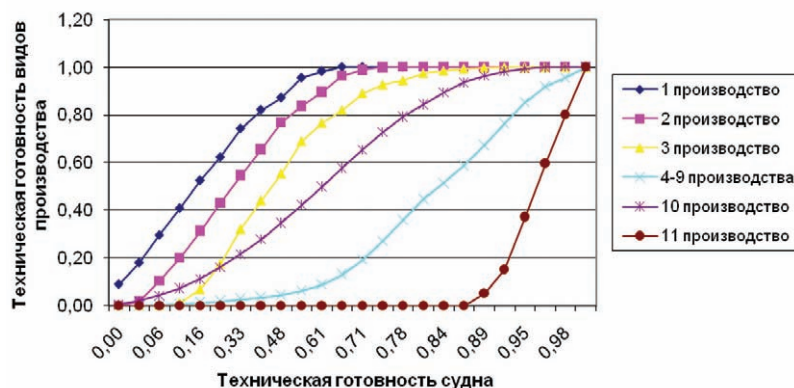


Рис. 1. Техническая готовность в целом по судну и видам производства

Этот порядок остается неизменным при постройке судов любых классов и размеров. Меняются лишь удельные значения отдельных видов (по трудоемкости, материалоемкости, продолжительности, что сказывается на полноте кривой нарастания затрат, не меняя ее конфигурации).

Эти соображения побуждают обратиться к нелинейной модели на базе экспоненциальной функции

$$E(\tau) = Ce^{-\beta \tau^\alpha} \quad (4)$$

где $E(\tau)$ – затраты на момент τ ; τ – дискретизированное время (экономический смысл этого параметра – срок, остающийся до сдачи судна); C – себестоимость судна.

Данная функция является нелинейной по отношению к независимой переменной τ – дискретизированному времени, что создает некоторые трудности при решении регрессионных уравнений. Линейная регрессия и так называемые нормальные уравнения являются более распространенным видом математической обработки результатов наблюдений.

Однако достоинством выбранной аппроксимации является возможность иметь вместо нескольких регрессионных коэффициентов один интегральный параметр, пригодный для описания терминальных затрат.

Сложность динамики экономических показателей требует использовать весь арсенал математического моделирования и идентификации динамических систем. В практическом плане наиболее доступны в первое время аппарат и методология анализа временных рядов. Привлекательно наличие доступных программных пакетов, обеспечивающих определение самых «тонких» характеристик динамического ряда. Таким образом, нет необходимости создавать или закупать дорогостоящие программные продукты. Главная задача – накопление формализованных данных, возможно более представительных по объему и качеству.

В качестве примера рассмотрим динамику затрат типичного судостро-

ительного предприятия за цикл постройки одного из транспортных судов. После определения параметров аппроксимирующей функции методами нелинейной регрессии ее форма приобретает вид, показанный на рис. 2.

При этом качество аппроксимации немногим уступает полиномиальной функции – доверительный интервал при 95%-ной обеспеченности составляет $D=4,258\%$. Точность аппроксимации лишь немногим уступает достигаемой при полиномиальной функции 6-го порядка ($D=2,073\%$) и вполне достаточна для практических целей, зато каждый из параметров имеет четкую экономическую интерпретацию:

– независимая переменная – промежуток времени, отделяющий текущий момент от конечного момента цикла – сдачи судна заказчику, к которому всегда приурочена оценка финансового результата проекта и расчетов с заказчиком;

T – продолжительность производственного цикла;

C – себестоимость судна как основная величина бюджета заказа;

E – величина затрат (нарастающим итогом) на момент времени τ как основной параметр для распределения бюджета во времени.

Кроме того, и параметры регрессии β и α также могут быть интерпретированы как организационные характеристики производственного процесса. Параметр α суть характеристики заделов и опережений, характеризующих оперативную составляющую управления производством и применяемой к оценке деятельности плановых служб на промежутке от подготовки контрактов до оперативно-календарного планирования на уровне производств (дивизионов). Чем выше значение α , тем ниже потребность в страховом заделе и как средства выравнивания неравномерной загрузки, и как пассивного средства снижения рисков.

Параметр β – характеристика концентрации ресурсов на постройке конкретного судна, способности менеджеров низшего и среднего звена, в особенности строителей заказа, а также функционального аппарата цехового (дивизионного) уровня обеспечить скоординированную и результативную работу большого числа людей при ограниченном фронте работ.

В руках финансовой службы эти параметры – ценный инструмент мониторинга и анализа уже на стадии принятия всеми участниками постройки управленческих решений. Поскольку α и β функционально связаны с конечным финансовым результатом судостроительного проекта (через терминальные затраты), финансист способен с помощью данного инструмента не только оценивать качество управления, но и формировать основу нормативной базы управления. Это можно видеть на примере моделирования параметров, приведенных на рис. 3 и 4.

Если τ выражено не в календарных единицах (днях, неделях, месяцах), а в безразмерной форме – долях от полной продолжительности цикла постройки судна, от 0 до 1, то на момент начала постройки ($\tau=1$), формула приобретает вид

$$E_1 = Ce^{-\beta} \quad (5)$$

так как $\tau\alpha=1$.

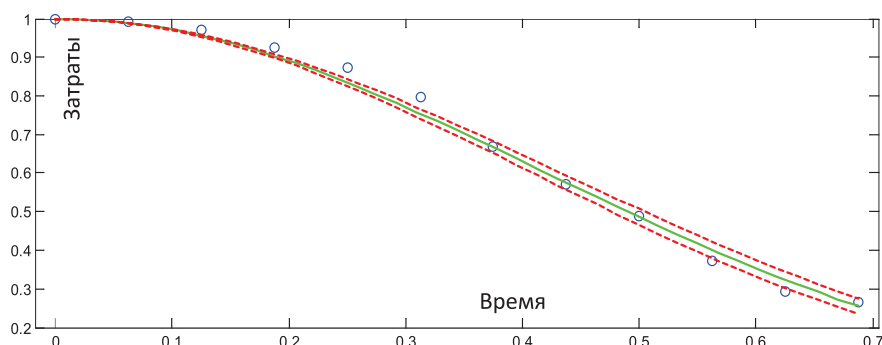


Рис. 2. Регрессионная кривая и 95%-ные доверительные интервалы, позволяющие определить параметр β

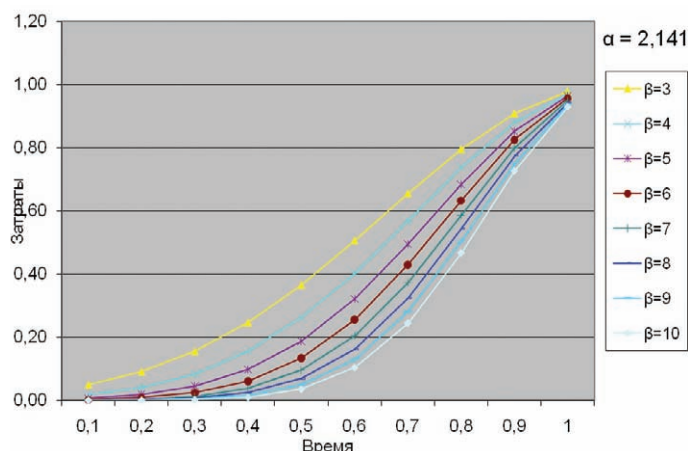


Рис. 3. Моделирование влияния характеристики концентрации ресурсов на затраты

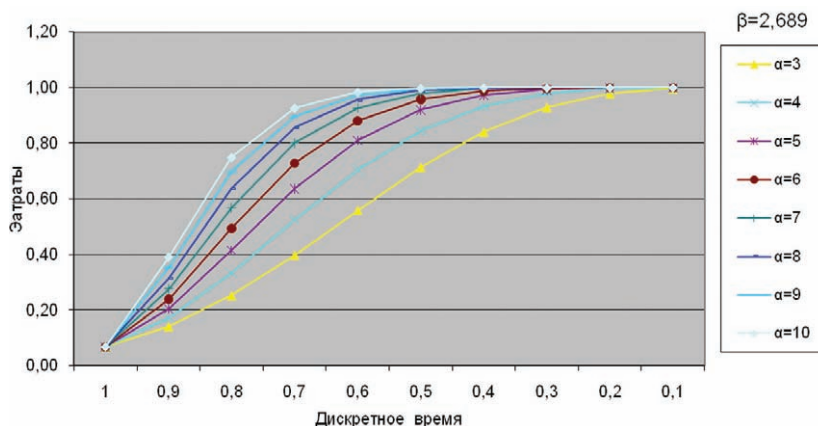


Рис. 4. Моделирование влияния характеристики заделов и опережений на затраты

Рассчитанное по формуле (5) значение E_i для конкретного судна определяет величину «допроизводственных» затрат, то есть расходов на опережающую закупку материалов и оборудования, предоплату субподрядчикам (контрагентам), заказ оснастки и т. п.

Это дает возможность выделить ответственность соответствующих служб за связывание части оборотных средств и придать этой ответственности строго количественную оценку.

При фиксированном значении β параметр α определяет выпуклость кривой нарастания затрат и «полноту», если под этим термином понимать отношение площади под кривой к полной площади прямоугольника $C \times T$. Это соотно-

шение как раз и характеризует степень параллельности и последовательность частных производственных процессов, т. е., в конечном счете, качество технологической подготовки производства и оперативного календарного планирования. Как правило, с сокращением производственного цикла значение α возрастает.

Перечисленные достоинства предлагаемой математической модели уже делают ее полезным инструментом экономического планирования (бюджетирования) и орудием повышения роли финансового менеджмента в управлении предприятием. Однако этим потенциальные возможности модели далеко не исчерпываются. Модель позволяет

определить общую потребность в оборотных средствах для постройки каждого судна и/или предприятия (подразделения) на любой период. Для этого достаточно взять интеграл

$$Q = C \int_0^T e^{-\beta r^a} d\tau, \quad (6),$$

где Q – общая потребность в оборотных средствах.

В связи со сложностью взятия данного интеграла в аналитическом виде целесообразно воспользоваться соответствующим алгоритмом численного интегрирования из программного пакета Matlab 2006a (например, quad.m).

К сожалению, вычисления величины Q в современных условиях не имеет серьезного практического значения, ибо расчет валовой потребности в оборотных средствах, либо их среднегодового норматива, столь актуальной для плановой экономики, утратил свое значение в условиях рынка.

Основная ценность формулы (6) заключается в том, что она служит переходной ступенью к учету модели временной стоимости денег.

«Из принципа временной ценности денег вытекает, по крайней мере, два важных следствия:

- необходимость учета фактора времени при проведении долгосрочных финансовых операций;
- некорректность (с точки зрения финансового менеджмента) суммирования денежных величин, относящихся к разным периодам времени» [2].

Необходимость учета фактора времени требует применения в рассматриваемой модели специальных методов его оценки, конкретно – методов оценки терминальной стоимости издержек производства.

Решением этой проблемы может служить следующий подход.

Каждый i -й элемент затрат характеризуется двумя имманентными параметрами – номинальной суммой ΔC_i и временем нахождения в составе незавершенного производства τ_i .

Именно промежуток τ_i определяет силу воздействия на сумму ΔC_i следующих факторов:

- процентная ставка, учитывающая как дополнительные затраты на привлечение заемных средств, так и упущенную выгоду от возможности размещения свободных собственных средств на банковском депозите, либо использование их в иных финансовых операциях;
- инфляция, снижающая покупательную стоимость финансовых средств независимо от действий хозяйствующего субъекта.

Нарастание суммы ΔC_i может быть представлена следующим образом:

$$\bar{\Delta C}_i = \Delta C_i [(1 + r(\tau_i))(1 + s(\tau_i))], \quad (7),$$

где $\bar{\Delta C}_i$ – будущая стоимость суммы ΔC_i ; r – процентная ставка в единицу времени τ ; s – индекс инфляции.

Тогда будущая терминальная стоимость средств, связанных в незавершенном производстве, приведенная к моменту сдачи судна будет составлять

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^T \bar{\Delta C}_i = \sum_{i=1}^T \Delta C_i \{[1+r(\tau_i)][1+s(\tau_i)]\}. \quad (8)$$

Основную методическую сложность в практическом приложении данной формулы представляет определение величин r и s .

На протяжении длительных циклов постройки судов совершается множество финансовых операций: одни кредиты берутся под простые, другие – под сложные проценты; различаются периоды начисления и другие характеристики сделок.

Возвращаясь к аппроксимирующей экспоненциальной функции (2), можно (в наименее сложном случае наращивания по правилу простых процентов с одним платежом при сдаче судна, что характерно лишь для небольших судов с производственным циклом менее года) записать выражение (8) в интегральном виде

$$Q_{i,b} = C \int_0^T e^{-\omega^2 \tau^2} (1+r)(1+s)\tau d\tau. \quad (9)$$

Считая r и s постоянными за цикл постройки, при $\alpha=2$, обозначив β как ω^2 , интеграл может быть взят аналитически:

$$Q_{i,b} = C \frac{1}{2\omega} (1+r)(1+s) (\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(\omega T) - 2T \exp(-\omega^2 T^2)). \quad (10)$$

В этом выражении $\operatorname{erf}(\omega T)$ – известная функция ошибок.

При других значениях α значения Q приходится рассматривать численными методами с использованием алгоритмов из программного теста Matlab2006a.

Однако для общего случая выглядят более предпочтительно использование метода сложных процентов. Важным аргументом в пользу такого выбора является «сложный», т.е. непрерывный характер процесса инфляции, описываемого индексом s' . Однако математический аппарат модели был бы серьезно усложнен дискретным характером моментов начисления (капитализации) процентов.

Поэтому целесообразнее всего воспользоваться методом непрерывных процентов, когда наращивания осуществляются за бесконечно малые промежутки времени. Именно такой подход широко применяется в финансовых моделях [2].

Будущая (терминальная) стоимость денег при непрерывном наращивании

$$\bar{\Delta C}_i = \Delta C_i e^{r\tau_i}. \quad (11)$$

Некоторые затруднения вызывает лишь переход от ставки сложных процентов (обозначим ее r_d) к ставке непрерывных процентов (ее обозначим через r_c).

По известной формуле соотношение эквивалентности имеет следующий вид:

$$r_c = m \ln(1 + \frac{r_d}{m}) \quad (12)$$

Например, для годового периода $m=1$:

$$r_c = \ln(1 + r_d). \quad (13)$$

Но поскольку цикл постройки судна, как правило, не кратен году, удобно оперировать относительными величинами, принимая в модели продолжительность $T=1$. В этом случае целесообразно рассчитать «цикловую» непрерывную ставку, соответствующую наращению стоимости финансовых средств за время производственного цикла (обозначим его R). Приравняем рассчитанные по формуле (x) приращения за 1 год:

$$e^r = e^{\frac{r}{T}}. \quad (14)$$

где продолжительность цикла T выражена в годах.

Тогда

$$R = rT. \quad (15)$$

Аналогичным образом цикловой индекс инфляции

$$S = sT. \quad (16)$$

Тогда выражение для наращенной массы оборотных средств, связанных в незавершенном производстве, получает вид

$$\bar{Q} = C \int_0^T e^{-\beta \tau^2} e^{(r+s)\tau} d\tau. \quad (17)$$

Вычислив интегралы, можно получить важные для практического использования коэффициенты наращивания затрат с простыми процентами:

$$G_d = \frac{\bar{Q}}{Q} \quad (18)$$

и модели с непрерывными ставками

$$G = \frac{\bar{Q}}{Q}. \quad (19)$$

С помощью коэффициента наращивания C величина себестоимости судна, полученная традиционным методом простого суммирования разновременных затрат к терминальной себестоимости:

$$\bar{C} = GC. \quad (20)$$

Возникает вопрос о целесообразности использования математической модели на основе аналитической функции нарастания затрат вместо прямого счета. Преимущества предлагаемой модели состоят в следующем:

– в возможности использования ее уже в подсистеме стратегического планирования (на предконтрактной стадии), когда единственными располагаемыми параметрами являются идея цены и ориентировочная дата сдачи за-

каза. В отсутствие графиков постройки, конструкторской документации, ведомости заказа оборудования и т.д. можно мгновенно выполнить сколь угодно многовариантные плановые расчеты в режиме выбора оптимальной стратегии предприятия;

– в преодолении разрыва между стратегическим и традиционным технико-экономическим планированием; выбранный на первом уровне вариант становится директивным для второго;

– в нормативном характере модели, позволяющем использовать в качестве эталона для оценки не только эффективности производства в целом, но и качества технико-экономического планирования уже на этапе разработки планов;

– в возможности уточнять расчеты в любой момент ввода элементов прямого счета в любой раздел модели (по мере уточнения графиков постройки, норм расчета ресурсов и т.д.) без нарушения процесса финансового планирования.

Достоинства модели определяют целесообразность ее применения и одновременно являются техническими условиями разработки.

Однако практическое значение этот показатель приобретет лишь при постройке крупносерийных (более 10–15) однотипных судов, что в настоящее время встречается крайне редко. Гораздо важнее моделировать влияние факторов времени и инфляции на стоимость финансовых ресурсов.

Полученная математическая модель формирования терминальных затрат позволяет формулировать цели и задачи всех участников производственного процесса в терминах и показателях, ориентированных на конечный финансовый результат. Управление производственным процессом остается многофункциональным, а его оценка – многокритериальной. Финансовое управление не ослабляет потребности в пространственно-временной координации частных производственных процессов и операций, в регулировании равномерной загрузки ресурсов (рабочей силы, оборудования, площадей), и учете проблем технологического характера и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев В.В. Введение в финансовый менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 2006.
2. Поляк Г.Б. Финансовый менеджмент. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2007.
3. Розенберг Г.Г., Шитиков В.К., Брусиловский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994 а.
4. Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент. Теория и практика. – М.: Перспектива, 2006. ■

В настоящее время отечественный ВМФ насчитывает значительное количество боевых кораблей и судов обеспечения, проектирование и строительство которых в свое время было осуществлено за рубежом. Несмотря на то, что сроки службы большинства этих кораблей и судов превысили двадцатипятилетний рубеж, они продолжают активно эксплуатироваться. Для поддержания их вооружения и техники в исправном состоянии требуется проводить периодические заводские ремонты кораблей. При этом нередко возникает необходимость модернизационных работ, связанных с заменой устаревшего оборудования на современные аналоги. Для кораблей и судов ВМФ иностранной постройки задача осложняется тем, что устаревшее оборудование, как правило, импортного производства, а аналоги требуется подобрать отечественные.

Для выполнения модернизационных работ необходимо выпустить конструкторскую документацию, которую, как правило, разрабатывают бюро – проектанты кораблей, и привлечь их к выполнению модернизационных работ невозможно. В связи с этим потребовалось порекомендовать их функции отечественным предприятиям.

В 2014 г. решением заместителя министра обороны Российской Федерации проектантом по более чем 120 проектам кораблей и судов ВМФ иностранной постройки был назначен ОАО «51 ЦКТИС». Теперь институт постоянно привлекается к разработке конструкторской документации при выполнении модернизационных работ, связанных с заменой устаревшего или выработавшего ресурс импортного оборудования на современные отечественные аналоги. На первый взгляд, это несложные задачи, однако за кажущейся простотой технических решений нередко лежит серьезная работа, включающая элементы как научно-исследовательской, так и опытно-конструкторской работ. Один из таких примеров приведем в данной статье.

Корабль ВМФ польской постройки был поставлен в заводской ремонт. Установленные в машинных помещениях средства пенного пожаротушения выслужили сроки службы и, кроме того, не соответствовали современным требованиям руководящих документов. В связи с этим среди прочих работ на корабле была предусмотрена модернизация системы пенного пожаротушения машинных помещений с целью замены аппаратов пенотушения на современные аналоги и приведения характеристик системы пенотушения в соответствие с современными требованиями.

При решении этой задачи понадобилось определить соответствие состава средств пенотушения в машинных

ЗАМЕНА ИМПОРТНЫХ АГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ МАШИННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ КОРАБЛЯ ИНОСТРАННОЙ ПОСТРОЙКИ НА СОВРЕМЕННЫЕ АНАЛОГИ

*С.Д. Либ, инженер 1-й категории ОАО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 312 9931*

отделениях новым требованиям. При строительстве на корабле в данных помещениях были установлены два агрегата пенного пожаротушения UGP25 производства Польши выпуска 1986 г. Один из них находится в главном машинном отделении (далее – ГМО), другой – во вспомогательном машинном отделении (далее – ВМО). Объем заряда раствора пенообразователя в резервуарах каждого агрегата составлял 150 л.

В ходе исследований было установлено, что согласно «Правилам классификации и постройки морских судов» Российского морского регистра судоходства (далее – РМРС) защищаемое помещение такого рода должно быть оборудовано не отдельными агрегатами, а стационарной системой пожаротушения, включающей цистерну для хранения пенообразователя, пеногенератор, трубопроводы, арматуру и другие элементы. Кроме того, в данном случае следует применять систему тушения пеной высокой кратности (около 1000:1). Основной метод тушения пожара при серьезных возгораниях в машинных отделениях заключается в полном заполнении горящего помещения пеной. При этом запаса пенообразователя должно быть достаточно для выработки пены в объеме, равном пятикратному объему наибольшего защищаемого помещения.

Расчеты свободного объема машинных отделений (защищаемых помещений) показали, что наибольшим защищаемым помещением является ГМО со свободным объемом 505,64 м³. Для пятикратного заполнения данного помещения необходимо подать 2528 200 л пены. При использовании системы пенотушения высокочастотной пеной (кратность пенообразователя 1000:1) минимальный объем цистерны с пенообразователем ориентировочно составит 2500 л. При этом и цистерна и пеногенераторы в соответствии с современными требованиями руководящих документов должны размещаться, как правило, вне защищаемых помещений на станциях пожаротушения.

Таким образом, на первом этапе в ходе исследования было установлено, что предусмотренная при создании корабля схе-

ма пенного пожаротушения машинных отделений не соответствует требованиям современных документов. Одновременно был определен конструктивный облик системы пенотушения, которая соответствует данным требованиям.

На втором этапе была выполнена конструкторская проработка с целью определения возможности и целесообразности размещения на корабле системы пенотушения машинных отделений, удовлетворяющей всем требованиям. Проработка показала, что возможность размещения цистерны для пенообразователя и пеногенератора высокой кратности в районах, прилегающих к ГМО и ВМО, отсутствует. В связи с этим выполнить современные требования РМРС к системам пожаротушения машинных отделений корабля при модернизации не представляется возможным. Было решено, что оптимальным конструктивным решением в данной ситуации является размещение в машинных отделениях максимально возможного количества стационарных аппаратов пенотушения.

Проанализировав оборудование, предлагаемое на российском рынке, для замены польских агрегатов были выбраны отечественные стационарные аппараты пены средней кратности с объемом заряда 136 л (рис. 1).

Анализ показал, что в защищаемых помещениях могут быть размещены четыре аппарата пенотушения (ранее размещалось только два). Была разработана соответствующая конструкторская документация.

На этом можно было бы остановиться и отправить документацию заводу. Однако мы пошли дальше. Были проведены дополнительные исследования, в ходе которых осуществлено моделирование ситуации с возможными вариантами развития пожара в машинных отделениях. Стал очевидным тот факт, что найденные ранее и уже реализованные «в бумаге» технические решения неоптимальны. Оказалось, что в случае реального пожара воспользоваться дополнительным аппаратом пенотушения, размещенным в помещении ГРЩ-1, будет практически невозможно. Данное

помещение из-за небольшого объема очень быстро задымится, и людей придется экстренно эвакуировать. При этом аппарат пенотушения не позволит свободно пользоваться проходом между электрощитами и быстро покинуть задымленное помещение.

Также моделирование ситуации с развитием пожара показало, что другой дополнительный аппарат, размещенный возле аварийного выхода № 2, при пожаре, с одной стороны, затрудняет доступ к этому выходу, а с другой – возможность реального использования этого аппарата при пожаре остается почти нулевой. Это объясняется тем, что небольшое начальное возгорание может быть потушено с помощью огнетушителя, емкости с водой или других подручных средств. Начальный пожар продолжается всего 100–120 с, после чего при определенных условиях он может стремительно расшириться. По истечении пяти минут начальный пожар перерастает в расширяющийся и для его локализации или ликвидации требуются уверенные действия тренированных судовых пожарных бригад и компетентное руководство. Такой пожар должны тушить подготовленные и экипированные люди, которые будут

входить в горящее помещение в специальном снаряжении пожарного, включившись в дыхательные аппараты, и со своими противопожарными средствами. Использование установленных в этих помещениях стационарных аппаратов пенотушения в подобных случаях не имеет смысла, так как включить их в условиях задымленности, т. е. вслепую, будет крайне затруднительно, ведь при видимости в дыму менее 1 м человек полностью теряет ориентацию.

Таким образом, примененный в ходе выполнения модернизационной работы метод ситуационного моделирования показал, что увеличение количества первоначально установленных аппаратов пенотушения в помещениях ГМО и ВМО с двух до четырех привело бы к загромождению машинных отделений и помещения ГРЩ-I, но не увеличило бы эффективность борьбы с пожаром. Учитывая изложенное, первоначальный проект модернизационной работы был переработан, и в помещениях ГМО и ВМО оставлено по одному аппарату пенотушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регист-

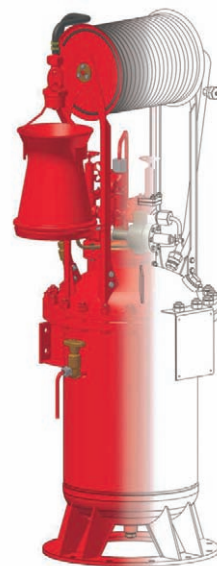


Рис. 1. Аппарат стационарный пены средней кратности

- ра судоходства. – Т. 1, 2. – 18-е изд. – 2015.
2. ОСТ5.5027–70 Аппараты стационарные пены средней кратности типа СО.
4. РБЖ-НК-81 Руководство по борьбе за живучесть надводного корабля.
5. Материалы интернет-сайта по борьбе с пожарами на морских и речных судах <http://ria.ru/society/20090615/174373292.html>. ■

Основной причиной беспокойства для энергетической отрасли являются нерешенные проблемы, связанные с загрязнением изоляторов и, как следствие, возникающие токи утечки.

Перебои питания, вызванные загрязненными изоляторами, из-за возникающих разрядов на их поверхности являются проблемой. Уменьшается надежность электроснабжения, промышленность страдает от простоев производства, затраты на ремонт повреждений, вызванных искрением и пробоями, очень высоки. Поддержание чистоты изоляторов с помощью постоянного технического обслуживания – также дорогостоящее мероприятие.



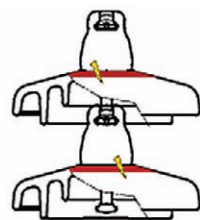
Промышленные изоляторы

Причины образования токов утечки:

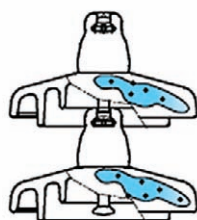
- загрязнения от различных источников (промышленных, солевого тумана, удобрений и т.д.), которые оседают на поверхности изолятора;
- загрязняющие вещества в сочетании с влагой окружающей среды (дождь, туман, роса и т.д.) создают пленку на

ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕБЕЗОПАСНОСТИ

А.Г. Филимонов, ген. директор,
А.О. Федорцев, начальник ОТК, ООО «Мюльхан Морфлот»,
контакт. тел. (812) 335 7965



Искрение



Ток утечки



"Пробой", вызванный коронным разрядом

Причины образования токов утечки и пробоев

поверхности изолятора, проводящую электричество;

Изолятор, на который воздействует остаточный ток, обладает пониженной надежностью, вследствие чего требуется регулярное техническое обслуживание.

Ток утечки – это также потеря элект-

роэнергии, что также приводит к финансовым потерям.

Ток утечки, протекающий по участкам с меньшим диаметром, генерирует тепло за счет более высокой плотности тока в этой области. Более высокая температура способствует развитию «ис-

крения», возникают небольшие поверхностные разряды. Чрезмерное образование искровых разрядов приводит к коронному разряду. Образуется ионная газообразная плазма, которая окружает диэлектрик. Плазма проводит электричество. Образование такой плазмы – последний шаг к катастрофическому пробую в виде разряда.



Нанесение покрытия

Старые методы предупреждения возникновения разрядов по поверхности изолятора, такие как частое мытье водой или смазка, занимают много времени. Вместо этого компания ООО «Мюльхан Морфлот» предлагает нанести на поверхность изоляторов покрытие Si-COAT RTV Silicone High Voltage Insulator Coating (HVIC), не требующее обслуживания. Это покрытие, как показала практика, обеспечивает лучшую длительную защиту от возникновения разрядов на поверхности изолятора даже в самых неблагоприятных условиях.

Преимущества Si-COAT HVIC:

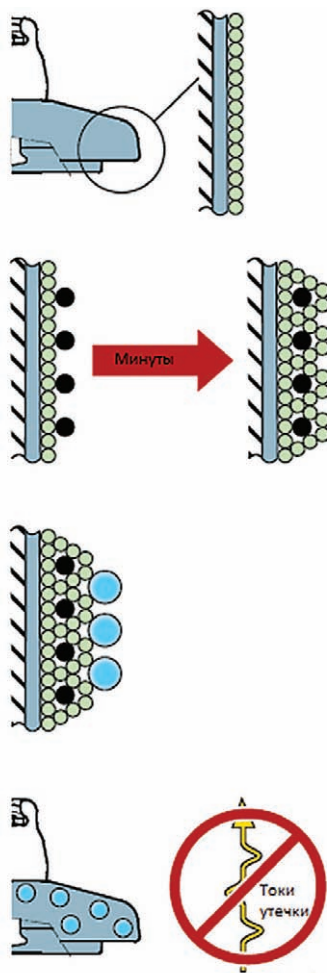
- устраняет необходимость периодического технического обслуживания загрязненных изоляторов;
- сокращаются расходы на техническое обслуживание;
- повышаются надежность и эффективность системы;
- увеличивается потенциальный доход;
- снижается воздействие на окружающую среду.

Si-COAT (570) HVIC – это однокомпонентное полисилоксановое (силиконовое) покрытие с вулканизацией при комнатной температуре (RTV). Его уникальная и запатентованная формула обеспечивает высокогидрофобную поверхность на весь период эксплуатации и практически исключает токи утечки на изоляторах высокого напряжения.

Si-COAT HVIC работает благодаря низкомолекулярному силоксану (LMWS), который естественно движется внутри покрытия к его поверхности. Из-за своей низкой поверхностной свободной энергии LMWS накапливается на поверхности покрытия до слоя

максимальной толщиной в одну молекулу, также известного как «монослой». Так как загрязняющие вещества оседают на монослой низкомолекулярного силоксана LMWS, который быстро капсулирует частицу загрязняющего вещества. Это явление также является результатом очень низкой поверхностной свободной энергии LMWS.

Кроме того, LMWS благодаря очень высокой электрической прочности диэлектрика эффективно физически и электрически изолирует от влаги инкапсулированную частицу загрязняющего вещества (т.е. дождя, тумана или росы). Таким образом, непрерывный путь, необходимый для движения остаточного тока, нарушается.



Покрытие, нанесенное на поверхность изолятора (серо-синий цвет), с постоянно выделяющимся слоем LMWS (зеленый цвет)

LMWS можно рассматривать в качестве смазки, обладает очень низкой поверхностной энергией и очень высокой диэлектрической прочностью.

Когда частицы загрязняющих веществ (черный цвет) оседают на поверхности покрытия, они вступают в непосредственный контакт с микроскопическим LMWS.

В течение нескольких минут частицы загрязняющих веществ становятся микроинкапсулированными LMWS. Это происходит вследствие очень низкой поверхностной энергии LMWS.

Вода (синий цвет), которая может собираться на поверхности, физически и электрически изолирована от загрязняющих частиц. Электрическая изоляция возможна, как уже сказано, за счет очень высокой диэлектрической прочности LMWS.

Кроме того, вода образует дискретные капли из-за очень низкой поверхностной энергии LMWS. Это известно как гидрофобность. Степень гидрофобности измеряется углом контакта α , образованным между каплей воды и поверхностью покрытия. Для недавно нанесенного покрытия Si-Coat $\alpha = 120^\circ$ в среднем.

Так как Si-COAT HVIC создает ультрагидрофобность, покрытие, быстро отталкивая воду, остается сухим. Изолятор, который остается сухим, имеет самые высокие изоляционные характеристики и препятствует образованию остаточного тока.

Si -COAT HVIC подходит для использования на высоковольтных линиях электропередач и линиях распределения а также на подстанциях.

Si -COAT также подходит для использования при всех уровнях напряжения, включая последние UHV (ультравысокое напряжение).

Описанные выше свойства обеспечивают очень длительную защиту. Так, покрытия Si-COAT, нанесенные на миллионы изоляторов, установленных по всему миру с 1987 г., работают без замены до сих пор.

На покрытие не влияют УФ-излучение, коронный разряд, растворимые и нерастворимые загрязняющие вещества, содержащиеся в воздухе химические вещества, соль, экстремальные температуры или агрессивные среды.

Таким образом, Si-COAT HVIC подходит для использования практически в любой окружающей среде. Установки, находящиеся в эксплуатации более 25 лет, продолжают прекрасно работать, что позволяет экономить расходы на техническое обслуживание и решать проблемы надежности. Стоимость нанесения Si-COAT в электrorаспределительной подстанции в Европе окупается в течение года, благодаря отказу от мытья водой и исключения расходов, связанных с простоями. ■

Существуют два самостоятельных направления проектирования иллюминаторов. Первое связано с использованием в качестве материала стеклоэлемента акрила. Результаты исследований таких конструкций автором приведены в [1]. Второе направление предполагает использование неорганического стекла. В работе рассмотрены результаты исследований по применению этого материала. С учетом его особенностей и условий работы предлагаем конструкцию, позволяющую увеличить несущую способность и обеспечить герметичность на различных этапах нагружения. Приведем также результаты экспериментальных исследований.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Несущая способность зависит от сборки «обойма–стеклоэлемент», а именно от метода соединения, выбора конструктивных и технологических параметров, а также методики их испытаний.

Отметим основные свойства неорганического стекла и геометрии стеклоэлемента, которые определяют разработку метода соединения и выбор конструктивных и технологических параметров.

Материал обладает низкой прочностью на растяжение и изгиб и высоким пределом прочности на сжатие. Прочностные свойства изделий из силикатного стекла в значительной степени определяются состоянием его поверхности. Напряженное состояние светопрозрачного элемента должно быть близким к безмоментному.

Методы исследования прочности и надежности применялись в основном экспериментальные, что вызвано недостатком надежных методик расчета прочности изделий из неорганического стекла и нестабильностью его характеристик как конструкционного материала. Это вызывает необходимость углубленных исследований как на моделях, так и в составе реальных изделий.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Можно выделить три основных типа конструкции в порядке увеличения несущей способности и надежности.

В иллюминаторах *первого типа* [2] использовалось непосредственное соединение стеклоэлементов между собой или с металлическим корпусом большой жесткости.

В иллюминаторах *второго типа* используются торцевые уплотнения между сопрягаемыми деталями в сочетании с определенной геометрией контактной поверхности стеклоэлемента. Применяются неметаллические уплотняемые материалы, например неопрен (в работах американских исследователей), а также паранит или сочетание металлических

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОБОЛОЧЕК ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА ПРИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

В.П. Ляизберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник группы МАИ (Национального исследовательского университета), контакт. тел. +7(915) 222 2977

прокладок (в работах советских исследователей). При этом особое внимание уделяется влиянию чистоты и технологии обработки посадочной поверхности стеклоэлемента.

В конструкциях *третьего типа* [3–6] соединяется светопрозрачный элемент с металлическими деталями монолитно с помощью тонкого клеевого слоя по специальной технологии.

Испытания соединений всех типов проводились при кратковременном, циклическом и длительном видах нагружения.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы: сборки при первом типе соединения показали низкое сопротивление разрушению даже при действии однократного кратковременного давления. В конструкциях второго типа удается подбором материала и размеров прокладок увеличить несущую способность. При длительном или циклическом нагружении иллюминатора отмечено выдавливание прокладок. Характер сопряжения стеклоэлемента с обоймой в процессе увеличения давления изменяется от свободного проскальзывания до совершенно неподвижного соединения. Крайние режимы работы уменьшают несущую способность светопрозрачного элемента. Для некоторых типов соединения наиболее опасен переход от свободного проскальзывания к совместному деформированию. Несущую способность можно увеличить путем обеспечения равномерной ограниченной подвижности соединения.

Эти условия стали реализовывать в соединениях третьего типа.

Наиболее близким к предлагаемой конструкции оказался иллюминатор, стеклоэлемент которого вклеивается в кольцо-обрамление, а между ним и опорным кольцом устанавливается промежуточное кольцо. При действии гидростатического давления после включения в совместную работу кольца-обрамления и опорного кольца соединение остается относительно подвижным благодаря наличию второго разъема между опорным кольцом и обоймой. Однако такая конструкция не обеспечивает полной подвижности и стабильности.

Следует отметить, что ни одна из предложенных конструкций не обеспе-

чивает герметичности соединения при длительном и циклическом нагружении.

Полученные результаты дают основания предположить, что основным вопросом при проектировании и изготовлении иллюминаторов является определение конструктивных и технологических параметров, обеспечивающих осесимметричное распределение нагрузки на стеклоэлемент. При этом его напряженное состояние в целом должно быть близким к безмоментному, а в ограниченной контактной зоне – к трехосному сжатию. Потеря герметичности сборки приводит к нарушению этих условий. Повышение ресурса и обеспечение герметичности являются взаимозависимыми.

Такие условия работы может обеспечить предлагаемая конструкция иллюминаторов, показанная на рис. 1.

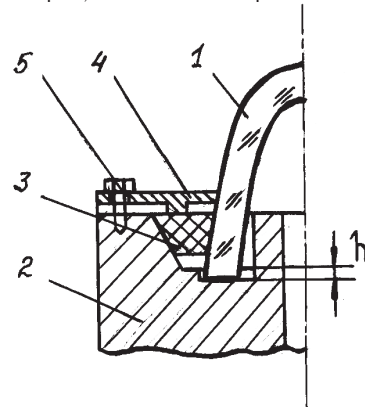


Рис. 1. Схема соединения

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ

На рис. 1 стеклоэлемент 1 установлен в обойме 2 в кольцевой канавке с конической наружной боковой поверхностью, причем он центрируется и герметизируется в интервале рабочих давлений шайбой 3, имеющей в сечении форму трапеции, выполненной из материала с модулем упругости меньше модуля упругости материала стеклоэлемента. Герметизация при малых давлениях обеспечивается либо уплотнительными кольцами 4, поджимаемыми к шайбе 3 крышкой 5 и винтами, либо нанесением слоя упругого уплотнителя между боковыми поверхностями шайбы и канавкой корпуса с одной стороны и

боковой поверхностью стеклоколпака с другой.

При подъеме гидростатического давления шайба 3 проскальзывает в коническую полость, образованную внешней конической поверхностью канавки обоймы иллюминатора и боковой поверхностью светопрозрачного элемента 1, и создает на боковой поверхности стеклоколпака сжимающие напряжения, которые способствуют радиальному проскальзыванию стеклоколпака 1 по поверхности обоймы. В результате этого уменьшаются радиальные касательные напряжения на торце, изгиб стеклоколпака вблизи него, увеличиваются сжимающие окружные напряжения, поэтому напряженное состояние вблизи торца становится ближе к наиболее благоприятному состоянию равномерного всестороннего сжатия. Герметичность соединения обеспечивается плотным прилеганием шайбы к боковой поверхности стеклоколпака 1 и конической поверхности обоймы 2.

Благодаря подбору геометрических размеров шайбы 3 и механических характеристик ее материала, высоты ограничивающего кольца h (см. рис. 1) на боковую поверхность стеклоколпака 1 передаются радиальные усилия, обеспечивающие напряженное состояние, близкое к безмоментному. При сбросе гидростатического давления силы упругости, стремящиеся вернуть шайбу 3 в исходное положение, меньше сил трения, возникающих между боковой поверхностью шайбы 3 и стеклоэлементом 1 с одной стороны и обоймой с другой. В результате этого осевое смещение шайбы 3 при заданном значении внешнего гидростатического давления P при его сбросе меньше, чем при подъеме, что обеспечивает сжимающие напряжения в контактной зоне, ограниченную подвижность и герметичность соединения.

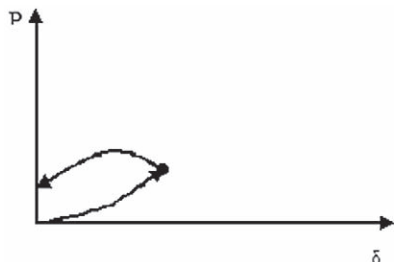


Рис. 2. Характер зависимости осевого смещения обжимной шайбы при подъеме и сбросе давления

Характер деформирования шайбы (рис. 2) аналогичен деформированию конического акрилового иллюминатора [7–8], и величина ее осевого смещения зависит в основном от угла конусности внешней боковой поверхности, отношения толщины к ее основанию, коэффициента трения. Величина радиального обжатия определяется величиной осе-

вого смещения шайбы δ . Можно отметить следующие качественные зависимости: с увеличением угла конусности при фиксированном значении высоты и большем диаметре шайбы и зазоре (натяге) Δ радиальные сжимающие усилия в среднем уменьшаются; при фиксированных геометрических параметрах обжимной шайбы с уменьшением коэффициента трения между шайбой и обоймой с одной стороны и стеклоэлементом с другой сжимающие напряжения увеличиваются.

Такой способ соединения применялся ранее в конструкциях с использованием органического стекла в качестве материала светопрозрачного элемента. Отметим основные особенности соединений из силикатного стекла.

Герметизация на начальном этапе нагружения осуществлялась герметиком УЗ0 МЭС. Разрушение силикатного стекла начинается с поверхности, и без предварительной ее обработки такие уплотняющие материалы приводят к расслоению стеклоколпака в контактной поверхности. В рассматриваемой конструкции использовались разные способы обеспечения герметичности [1]. Стеклоэлемент, изготовленный методом прессования, отличается негладкой поверхностью. В этом случае возможно применение эпоксидного компаунда между обжимной шайбой и сопрягаемыми элементами, который является промежуточным уплотняющим слоем. После неоднократного воздействия гидростатическим давлением можно разделить сборку на элементы – стеклоколпак, шайбу, обойму и тонкие оболочки из компаунда.

При точном изготовлении наружной поверхности светопрозрачного элемента наиболее эффективными оказываются иллюминаторы, собранные без применения промежуточного слоя. В процессе предварительной сборки задается некая комбинация зазоров и натягов между элементами. Окончательная сборка осуществляется технологическим нагружением гидростатическим давлением. Герметичность при малых давлениях обеспечивается торцевыми резиновыми кольцами между обжимной шайбой и оболочкой с одной стороны и обоймой с другой. В этом случае возможна неоднократная сборка-разборка иллюминатора до получения необходимого исходного состояния. При выполнении всех условий герметичность соединения обеспечивается даже в среде чистого гелия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В предлагаемой конструкции иллюминатора использовались светопрозрач-

ные элементы в форме стеклоколпака. Целью исследований являлось подтверждение работоспособности данной конструкции при кратковременном, циклическом и длительном воздействии гидростатического давления.

Стеклоэлементы изготавливались из неорганического стекла методом прессования и имели форму усеченного конуса, переходящего в сферический сегмент. Толщина его была постоянной и составляла 5 мм, а наибольший внутренний диаметр – 43 мм. Обжимная шайба была выполнена из органического стекла СО-120. Использовалась экспериментальная установка, описание которой приведено в [7]. В процессе повышения давления измерялось осевое смещение в центре стеклоколпака индикатором часового типа. Иллюминатор был испытан кратковременным давлением 100 МПа. Затем этот же образец подвергался циклическому нагружению давлением 60 МПа. Проведено 30 циклов. В дальнейшем этот же образец испытывался при воздействии давления 60 МПа в течение 100 часов. Нарушения целостности и герметичности замечено не было. Отмечен линейный характер зависимости осевого смещения в центре стеклоколпака от прилагаемого гидростатического давления. По величине эти значения при подъеме и при сбросе давления близки.

Следует обратить внимание на согласованность деформаций светопрозрачного элемента и обжимной шайбы как при подъеме давления, так и при нулевом значении после сброса давления. Если осевое смещение обжимной шайбы незначительное, а радиальные деформации стеклоэлемента велики, то возможна разгерметизация иллюминатора. В обратном случае возможно образование трещины на боковой поверхности стеклоколпака по краю контакта с обжимной шайбой и разрушение светопрозрачного элемента. После сброса давления при нулевом значении рабочего давления характер смещения обжимной шайбы с течением времени имеет вид, показанный на рис. 3. Чтобы герметизация соединения не была нарушена, необходимо плотное прилегание этих элементов. Это обеспечивается подбором угла конусности и размерами обжимной шайбы. Чем больше угол конусности и толщина шайбы, тем меньше ее осевое смещение.

Таким образом, угол конусности наружной поверхности обжимной шайбы α , ее высота h , глубина канавки h_2 и выступа обоймы h_1 , толщина стеклоколпака δ , механические свойства материала и коэффициент трения между сопрягаемыми элементами являются взаимозависимыми величинами и определяются на основе теоретико-эксперименталь-

ных исследований. При подборе данных параметров, которые назовем оптимальными, удастся существенно увеличить разрушающее давление и ресурс стеклоэлемента.

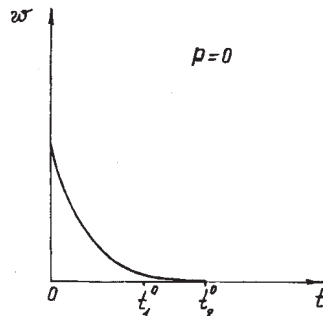


Рис. 3. Характер зависимости осевого смещения обжимной шайбы после достижения нулевого значения давления в процессе сброса

ВЫВОДЫ

Основной задачей при проектировании и изготовлении рассматриваемых

иллюминаторов является определение и достижение конструктивных и технологических параметров, обеспечивающих осесимметричное распределение сжимающих напряжений в ограниченной контактной зоне стеклоэлемента на различных этапах воздействия гидростатического давления и обеспечивающих при этом герметичность соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лянзберг В. П. Акриловые иллюминаторы со светопрозрачным элементом в форме оболочки из органического стекла // Вестник МАИ. – 2008.
2. Стевич Грей. Проектирование безопасных иллюминаторов для камер повышенного давления. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1971.
3. Писаренко Г. С., Охрименко Г. М., Родичев Ю. М. Прочность конструктивных элементов из стекла в условиях сложного

напряженного состояния // Проблемы прочности / АН УССР, 1978.

4. Квитка А. Л., Дьячков И. И. Создание работоспособного разъемного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала Сообщение 1 // Проблемы прочности / АН УССР, 1979.
5. Квитка А. Л., Дьячков И. И. Создание работоспособного разъемного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала Сообщение 2 // Проблемы прочности / АН УССР, 1979.
6. Квитка А. Л., Дьячков И. И. Прочность и повреждаемость составных оболочек из стекла с различными типами разъемных соединений // Проблемы прочности / АН УССР, 1981.
7. Лянзберг В. П., Шалашилин В. И. Конические акриловые иллюминаторы при кратковременном нагружении // Проблемы прочности / АН УССР, 1983.
8. Лянзберг В. П., Шалашилин В. И. Несущая способность конических стеклоэлементов иллюминаторов из акрила с учетом объемной потери устойчивости. – Механика твердого тела. – М.: Изд. РАН, 2002. ■

История наших предприятий, ООО «Балтийский завод–судостроение» и АО «Концерн НПО «Аврора», неразрывно связана с отечественным атомным флотом. Мы можем заслуженно гордиться весомым вкладом в его создание, становление и развитие. Все надводные атомные корабли Военно-Морского Флота России и большинство атомных ледоколов построены на ООО «Балтийский завод–судостроение» и оснащены комплексами систем управления АО «Концерн НПО «Аврора».

За многие десятилетия совместной деятельности в области атомного кораблестроения на наших предприятиях накоплен большой опыт, научный потенциал и технологии, позволяющие создавать такие сложные объекты морской техники, как ледоколы и плавучие энергетические блоки с ядерными энергетическими установками.

За прошедшие годы у руководства и коллективов наших предприятий сложились добрые творческие связи, основанные на взаимном уважении и понимании общей цели – создании отечественных кораблей и судов.

АО «Концерн НПО «Аврора» разделяет позицию ООО «Балтийский завод–судостроение» о приоритетном и безусловном обеспечении ядерной безопасности на объектах морской техники. В числе технических решений, реализуемых АО «Концерн НПО «Аврора», и организации управления реакторными установками и другими технологическими комплексами кораблей и судов атомного флота, обеспечение ядерной безопас-

С ЮБИЛЕЕМ! К 160-ЛЕТИЮ ООО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД–СУДОСТРОЕНИЕ»

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, ген. директор АО «Концерн НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5971

ности всегда имеет наивысший приоритет.

Коллективы ООО «Балтийский завод–судостроение» и АО «Концерн НПО «Аврора» в непростые годы новейшей истории России сумели сохранить научный потенциал, материально-техническую базу и высокую культуру производства. В настоящее время наши предприятия достигли качественно нового уровня, подтверждением чему стали выход на завершающий этап строительства плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» и строительство серии универсальных атомных ледоколов пр. 22220.

АО «Концерн НПО «Аврора» оснащает эти заказы автоматизированными системами управления, построенными на современной цифровой элементной базе, использование которой позволило значительно расширить круг задач по контролю и управлению технологическими комплексами судов, включая задачи информационной поддержки экипажей обо всех режимах эксплуатации. Системы управления защитой реакторных установок, разработанные АО «Концерн НПО «Аврора» совместно с АО «ОКБМ Африкантов», обеспечивают функции аварийной защиты не только по

нейтронно-физическим параметрам реактора, как это традиционно принято в транспортной атомной энергетике, но и по всем другим технологическим параметрам реакторных установок.

Портфели заказов ООО «Балтийский завод–судостроение» и АО «Концерн НПО «Аврора» как на ближайшую, так и на долгосрочную перспективу подтверждают, что наши предприятия остаются стратегическими партнерами, у которых впереди много совместной работы по развитию атомного ледокольного флота и продолжению строительства первого в мире плавучего атомного энергоблока.

В канун 160-летнего юбилея ООО «Балтийский завод–судостроение» руководство и коллектив АО «Концерн НПО «Аврора» сердечно поздравляет генерального директора Алексея Васильевича Кадилова и сотрудников завода с этим знаменательным событием!

От всей души желаем Вам и всему коллективу ООО «Балтийский завод–судостроение» реализации всех планов и замыслов, неиссякаемой энергии и оптимизма на долгие годы, новых творческих успехов и достижений, крепкого здоровья, счастья и благополучия. ■



«ВИНЕТА» ОТМЕЧАЕТ 20-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ

И.С. Суховинский, директор ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048

25 июля 2016 г. машиностроительному предприятию «Винета» исполняется 20 лет.

ООО «Винета» осуществляет проектирование и изготовление изделий для нужд военного кораблестроения и гражданского судостроения, атомной промышленности, транспорта и предприятий топливно-энергетического комплекса.

Компания была основана в 1996 г. для удовлетворения потребности судостроительной промышленности в качественном комплектующем оборудовании: фильтров, теплообменных аппаратов, оборудования топливо- и водоподготовки и др.

С 1998 г. предприятие арендовало производственные площади на территории АО «Средне-Невский судостроительный завод» (ранее – ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод»). В 2004 г. в связи с развитием и необходимостью организации собственного производства были выкуплены производственные цеха на территории бывшего ФГУП «Ленинградский пороховой завод «Сокол», и предприятие переехало в г. Никольское Тосненского района Ленинградской области, (в 40 км от Санкт-Петербурга).



Визит на предприятие губернатора Ленинградской области Валерия Сердюкова, 2007 г.

2012 г. стал знаковым в работе машиностроительного предприятия «Винета». После значительной подготовки было запущено производство теплообменного оборудования для атомных станций, а также создана установка по сепарации турбинного масла Б-3В. Испытания установки завершились в январе 2013 г. на ОАО «Калужский турбинный завод». Совместно со специалистами АО «СПМБМ «Малахит» создано оборудование для очистки турбинного масла Б-3В пористыми фильтроэлементами, не имеющее аналогов в мире. Научная работа «Очистка турбинного масла Б-3В пористыми фильтроэлементами» заняла почетное второе место в конкурсе на соискание Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова в области создания вооружения и военной техники.

В 2013–2014 гг. были выполнены три опытно-конструкторские работы по созданию установки по подготовке тяжелого топлива, а также комплекса оборудования по очистке бытовых сточных вод и по очистке нефтесодержащих вод.

Правильно выбранный курс и высокое качество продукции позволили компании выстоять в годы кризиса и непростой ситуации на рынке судостроения.

На протяжении двадцати лет ООО «Винета» держит высокое качество изготавливаемой продукции. Компания имеет



Старое административное здание, 2004–2014 гг.



Новое здание для инженерного центра и административных работников

все необходимые лицензии, свидетельства и сертификаты, подтверждающие соответствие системы управления качеством выпускаемой продукции как российским, так и международным стандартам качества.

Динамика научно-технического прогресса в сфере кораблестроения накладывает определенные требования к устанавливаемому на судах оборудованию.

Руководство компании проводит плановое перевооружение производственных мощностей, чтобы отвечать современным потребностям отрасли. Сейчас предприятие оснащено системой автоматизированного проектирования, позволяющей оптимизировать весь цикл от проектирования технологии изделий до их производства, а также высокоточными и производительными обрабатывающими центрами с числовым программным управлением.



Присуждение рабочему предприятия М.К. Новаку звания «Заслуженный машиностроитель России», 2008 г.

Сотрудники машиностроительного предприятия «Винета» непрерывно осваивают новое оборудование для расширения линейки серийно выпускаемой продукции, которая дополняется все новыми позициями, отвечая реалиям отрасли. Конструкторским бюро разрабатывается оборудование, необходимое судостроителям. Сегодня номенклатура изготавливаемой компанией продукции насчитывает более тысячи различных изделий.

На данный момент на предприятии работает 270 человек. Рабочие предприятия имеют квалификацию согласно действующим нормам и стандартам и разряды не ниже 5-го. Часть сотрудников учится в аспирантуре Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. Инженерно-технический персонал имеет высшее образование по профилю работы.

В компании созданы все условия для комфортного труда: оборудованы современные рабочие места, имеются удобная парковка, кафе, физкультурно-оздоровительный комплекс, организована развозка сотрудников, предоставляется служебное жилье.



Производственный процесс

Одной из приоритетных задач кадровой службы предприятия является привлечение квалифицированного персонала и «выращивание» собственных кадров. Работники предприятия проходят обучение и курсы повышения квалификации на регулярной основе, посещают профильные выставки, конференции и семинары, публикуют статьи в научных журналах. Сотрудники инженерно-технического центра задействованы во всей цепочке создания изделия, тесно сотрудничая с технологами и производством. Это позволяет своевременно вносить необходимые корректировки в конструкцию, а также устранять какие-либо недоработки и замечания.

За двадцать лет успешной работы «Винета» в разы увеличила объемы производства с опережением запланированных показателей.

В настоящее время предприятие серийно выпускает следующую продукцию:

- фильтрующее оборудование различного назначения;
- оборудование топливоподготовки;
- оборудование водоочистки;
- оборудование очистки воздуха для газовых турбин и двигателей внутреннего сгорания;
- теплообменное оборудование;
- конвенционное оборудование;
- оборудование систем водоснабжения;

Также принимаются заказы на изготовление нестандартного оборудования по индивидуальным требованиям заказчика.

В последнее время судостроительная отрасль получила новый виток развития. Поэтому потребность в современном оборудовании отечественного производства как никогда актуальна. Предприятием «Винета» с 2007 г. ведется активная работа в рамках импортозамещения еще до момента принятия данной программы на государственном уровне. Одна из последних разработок предприятия – устройство очистки воздуха, патент на которое был получен 5 ноября 2015 г.

- В рамках данной программы выполнены следующие работы:
- освоена номенклатура изделий, производимых ранее ПАО «Севастопольским морским заводом» (Крым, ранее – Украина);
 - освоено теплообменное оборудование из спецспавов, а также кожухотрубные теплообменные аппараты (замена продукции, ПАО «Сумское НПО им. Фрунзе», Украина);
 - оборудование топливо- и маслоподготовки (иностранного производителя);
 - установлено устройство по очистке воздуха для ГТД (иностранного производителя);



Делегация представителей ведущих конструкторских бюро, прибывшая для участия в показательных испытаниях установки очистки сточных и хозяйственно-бытовых вод, 2016 г.

- внедрены очистка нефтесодержащих и бытовых сточных вод (иностранного производителя) и установка подготовки тяжелого топлива; ангарные ворота; инсинераторы судовые; система очистки вод; установки опреснения вод методом обратного осмоса.

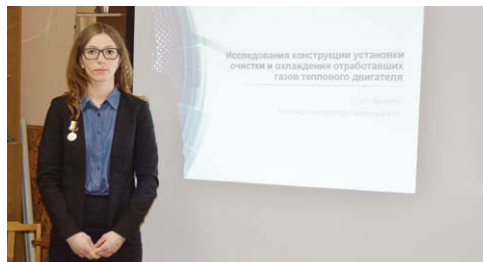
Вся продукция предприятия «Винета» отвечает самым высоким требованиям, предъявляемым к устройствам данного типа, имеет надежную конструкцию и конкурентоспособную цену.

Предприятие тесно сотрудничает с ведущими судостроительными и судоремонтными предприятиями, а также отраслевыми конструкторскими бюро.

В связи с приобретением новой производственной площадки появилась возможность реализации давних планов по освоению производства изделий из перспективных композитных материалов.

В 2014 г. проведен капитальный ремонт нового здания для инженерно-конструкторских работников и административного персонала.

В рамках прошедшего конкурса РосНТО им. акад. А. Н. Крылова «Молодой кораблестроитель–инженер года 2016» были отмечены конкурсные работы наших сотрудников.



Выступление инженера-конструктора А. Н. Гавриловой с докладом в ходе научно-технологической конференции в рамках конкурса РосНТО им. акад. А. Н. Крылова



Визит на предприятие заместителя главнокомандующего ВМФ РФ по вооружению, вице-адмирала, кандидата технических наук В. И. Бурсука

В настоящий момент ООО «Винета» – единственное на территории Тосненского района предприятие среднего бизнеса, которое выполняет государственный оборонный заказ.

В 2016 г. было открыто официальное представительство ООО «Винета» в Москве. ■

В настоящее время существенно ужесточились нормы уровня максимального допустимого гидродинамического шума (ГДШ) для гидравлических агрегатов судовых систем. В связи с этим снижение колебаний давления и ГДШ в трубопроводных системах является важной и актуальной проблемой на многих объектах, имеющих насосные и клапанные узлы [1].

Для создания малошумной судовой арматуры в ОАО «Концерн «НПО «Аврора» были проведены исследования проточных частей клапанов системы управления. Форма проточного канала гильзы клапана выбиралась в целях верификации численных расчетов ГДШ для принципиально различных форм каналов: диффузора и постоянного сечения. Испытания проведены также в целях определения качественных зависимостей спектра ГДШ от формы канала.

1. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГДШ ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛАПАННОЙ АРМАТУРЫ

Струя как источник ГДШ. Проточные элементы клапанной арматуры были промоделированы численно в пакете ANSYS. Получены картины акустической мощности потока для каналов постоянного сечения, диффузора и конфузора.

На картинах акустической мощности потока видно, что основным источником шума является вихреобразование в пристеночном слое ближе к выходу из канала и дальнейшее развитие этих вихрей после выхода из канала. Причем область максимального уровня акустической мощности у конструкций с каналом с диффузорами больше по площади, чем у каналов с конфузоров.

Анализ спектральных характеристик ГДШ позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее рациональной формой канала является цилиндрический с постоянным сечением, так как при частотах свыше 125–250 Гц канал с диффузором имеет более интенсивные уровни ГДШ, превышающие шум цилиндрического канала на 5–15 дБ, а канал с конфузоров также имеет более высокий уровень ГДШ на максимальном расходе в области частот 500–2000 Гц.

2. Практически на всех расходах канал диффузорного сечения в области частот 125–250 Гц имеет более высокий уровень ГДШ, чем цилиндрический канал, причем с ростом расхода частота, с которой это превышение наблюдается, возрастает с 125 Гц при 60 кг/ч до 500 Гц при 140 кг/ч.

3. На частотах ниже 125–250 Гц диффузор имеет меньшие уровни ГДШ, чем цилиндрический канал, что свидетельствует, по-видимому, о меньшей интенсивности крупных вихрей, возбуждаемых потоком в диффузоре, хотя «энергетика» данных вихрей значительно выше, что вызывает высокие уровни низкочастотного ГДШ, связанного с гидравлическими потерями в канале.

4. Конфузор имеет уровни ГДШ, которые в меньшей степени отличаются от уровней шума цилиндрического канала, причем при малых расходах его ГДШ заметно ниже ГДШ цилиндрического канала, однако это наблюдается не на всех частотах, а при максимальном расходе цилиндрический канал имеет меньшие уровни ГДШ в особо значимом для клапана частотном диапазоне 500–2000 Гц.

Был проведен анализ зависимости между гидравлическим сопротивлением канала и его ГДШ в области высоких частот (500–1000 Гц и выше). Анализ выполнен с использованием коэффициента пропускной способности K_p . В табл. 1 показаны значения K_p при различных расходах рабочей среды, скоростях

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛАПАННОЙ АРМАТУРЫ СУДОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Э.Г. Берестовицкий, д-р техн. наук, гл. акустик,

П.И. Кизилов, инженер, АО «Концерн «НПО «Аврора»,

А.Н. Крючков, д-р техн. наук, проф., исполнительный директор

ИАМ при Самарском государственном аэрокосмическом университете,

М.А. Ермилов, инженер Самарского государственного аэрокосмического университета,

контакт. тел. (812) 316 0592, +7 (462) 674 6662

в канале и числа Рейнольдса. На рис. 4 показана зависимость K_p от конструкций каналов при одинаковых режимах работы.

Таблица 1

Значения K_p , скорости и числа Re конструкций каналов на разных режимах течения

Q , кг/ч	Кон-фузор 10°	Кон-фузор 1°	Прямой канал	Диффузор 1°	Диффузор 10°	V , м/с	Re ($d = 1,5$ мм)
60	0,0739	0,0684	0,0603	0,0832	0,1078	9,4	15895
80	0,0743	0,0691	0,0573	0,0804	0,1050	12,6	21194
100	0,0772	0,0693	0,0602	0,0842	0,1054	15,7	26492
120	0,0776	0,0676	0,0639	0,0871	0,1061	18,9	31791
140	0,0733	0,0719	0,0711	0,0878	0,1058	22,0	37089
Среднее значение K_p	0,0752	0,0693	0,0625	0,0845	0,1060		

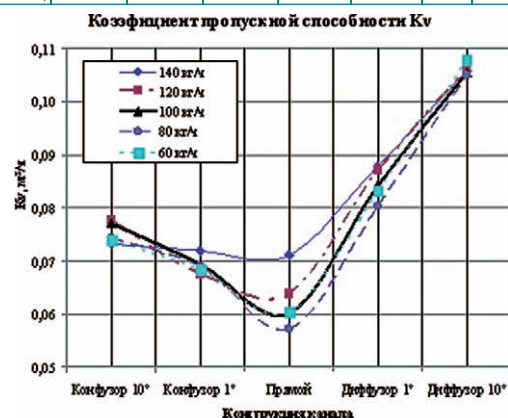


Рис. 1. Зависимости K_p от режима течения

Из рис. 1 видно, что наименьшее среднее (по режимам) значение K_p наблюдается для цилиндрического канала, и в то же время для этого канала характерны более низкие уровни ГДШ в области высоких частот (500 Гц и выше).

После выбора профиля канала необходимо решить, какой диаметр будет наилучшим с точки зрения уровня ГДШ, а также оценить влияние фасок на входе канала на акустику всей конструкции.

Установлено, что с точки зрения уровня ГДШ наиболее эффективным является канал постоянного сечения диаметром 1,0 мм. Фаски на входе в канал также положительно влияют на акустическую мощность всей конструкции, так как не создают дополнительного источника шума.

Перфорированные акустические экраны. Важным мероприятием является использование внешних по отношению к гильзе клапана перфорированных экранов.

Эффективность экрана достигается за счет разбивки интенсивной единой струи на систему мелких струек за счет установок поперек струи на ее начальном участке перфорированного

экрана [2]. Проведены численные исследования равномерных по распределению отверстий и неравномерных экранов. Расчеты показали большую эффективность неравномерных экранов.

При использовании экрана интенсивная (по шуму) единая струя разбивается на множество отдельных мелких струек. При этом более эффективным является экран с неравномерной густотой отверстий, причем степень перфорированности экрана возрастает сверху вниз. Сравнивая картины распределения акустической мощности, можно увидеть, что при применении перфорированного экрана происходит локализация шумящей зоны внутри первого экрана, вследствие чего по потоку передается меньшая акустическая энергия.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ОТВЕРСТИЙ ГИЛЬЗЫ КЛАПАНА НА ЕГО ГДШ

Для выбора оптимальных параметров дроссельного сечения регулирующего органа и подтверждение результатов численного моделирования на гидравлическом стенде ОАО «Концерн «НПО «Аврора», были произведены испытания различных макетов дроссельных устройств. Такими макетами стали наборы дроссельных шайб с перфорацией, различающейся по форме входа и выхода потока, диаметру отверстий перфорации, а также плотностью перфорации. Кроме того, были испытаны одиночные дроссельные элементы в виде трубок тонкого сечения с различными условиями выхода и перфорированный дроссельный элемент с делителями потока различных конфигураций.

Влияние на уровень ГДШ формы входа и выхода потока в дроссельное сечение перфорированного дроссельного элемента. Для определения влияния наличия/отсутствия диффузора и конфузора в отверстиях перфорированного дроссельного элемента на уровень ГДШ были изготовлены четыре макета дроссельного элемента (рис. 2).

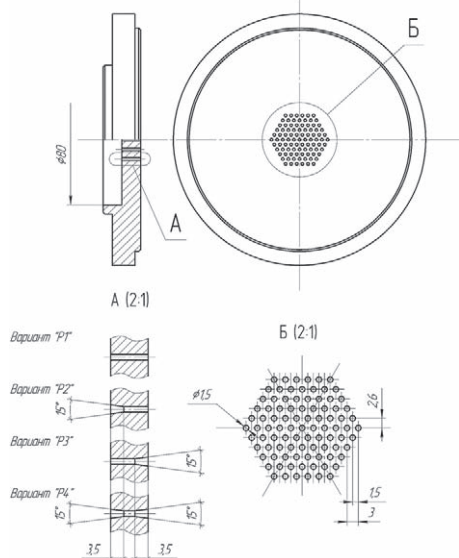


Рис. 2. Конструктивные схемы дроссельных элементов

В центре диска толщиной 10 мм расположена группа отверстий диаметром 1,5 мм. Выбранный диаметр отверстий обусловлен необходимостью обеспечить требуемый перепад в разрабатываемой регулирующей арматуре. Способ размещения отверстий отражен на рис. 6. Расстояние между центрами любых двух соседних отверстий составляет 3 мм.

На трех из четырех модификаций дроссельного элемента, в отверстиях выполнены фаски, что теоретически способствует безотрывному входу в отверстия. Фаски имеют угол при вершине 15° и глубину 3,5 мм.

Из графиков рис. 3 и 4 следует, что увеличение длины диффузора до 0,5 длины дроссельного элемента и угла его раскрытия до 12° способствует росту уровня ГДШ, дальнейшее увеличение указанных величин не приводит к дополнительному росту уровня ГДШ.

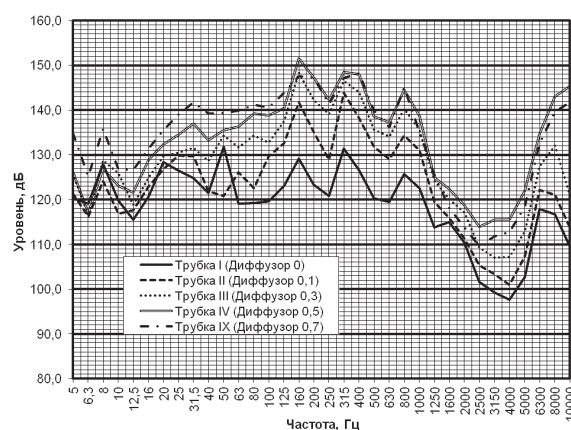


Рис. 3. Спектрограммы для трубок с различными длинами

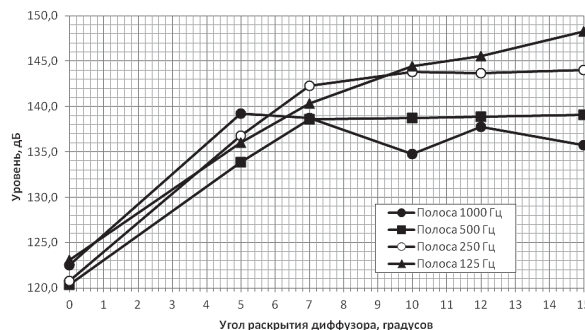


Рис. 4. Спектрограммы для трубок с различными углами раскрытия

Наличие в дроссельных отверстиях диффузора даже с конусностью 1:8 не оказывает положительного эффекта на уровень ГДШ, напротив, уровень ГДШ шайбы с диффузором существенно превышает уровень ГДШ шайбы с прямыми отверстиями.

Из результатов расчета и экспериментов следует, что наличие диффузора с любым углом раскрытия приводит к повышению уровня ГДШ вследствие вихреобразования в пристеночном слое выходного участка и дальнейшего развития этих вихрей.

Определение влияния на уровень ГДШ расположения и размеров отверстий перфораций дроссельного элемента. На рис. 5 приведены сравнительные спектрограммы шайб с различными диаметрами отверстий при перепаде давления 6 кгс/см².

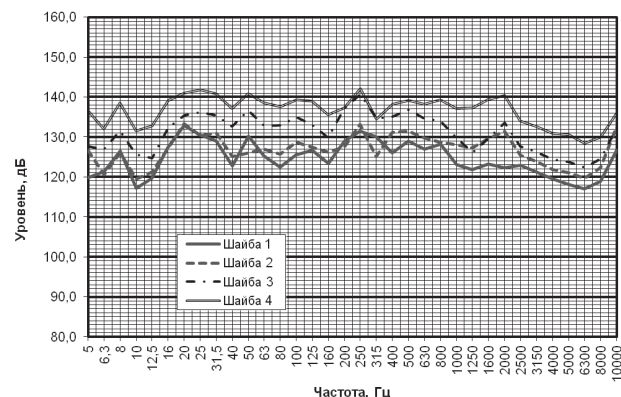


Рис. 5. Спектрограмма ГДШ при перепаде давления 6 кгс/см² для шайб 1, 2, 3, 4 (диаметры отверстий 1; 1,5; 2 и 3 мм соответственно)

Как видно из приведенной спектрограммы, увеличение диаметра дроссельного отверстия при сохранении суммарной площади группы отверстий вызывает увеличение уровня ГДШ (для шайбы 4 он увеличился на 10 дБ относительно шайбы 1 на всей полосе частот). Поскольку акустическая мощность, излучаемая регулирующим органом, пропорциональна квад-

рату расхода: $N \sim Q^2$, мощность излучения каждого из каналов будет пропорциональна Q^2/n , следовательно, суммарная излучаемая акустическая энергия n каналов уменьшится в n раз. Этот эффект можно наблюдать в результате рассмотренного эксперимента.

Целью замеров уровня ГДШ шайб также было определение влияния эффекта взаимодействия струй, выходящих из отверстий на суммарный уровень ГДШ группы отверстий, для чего были изготовлены шайбы с расстоянием в 2, 3 и 4 диаметра отверстий между их центрами. Расходно-перепадные характеристики шайб практически совпадают, т. е. эффект незначителен.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНИХ ПО ОТНОШЕНИЮ К ГИЛЬЗЕ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ

Для снижения шума успешно применяются делители потока, выравнивающие поток и способствующие подавлению вихреобразования.

Определение влияния расположения делителя потока относительно источника по углу. Конструкции макета предусматривает возможность различного положения делителя при вращении его вокруг оси макета с шагом 450, расстояние между источником и делителем для всех угловых положений составляет 2 мм, т. е. 1 калибр отверстия источника

Замер уровней ГДШ в зависимости от угла поворота для данного случая проводился на режиме: перепад – 10 кгс/см², расход – 15 м³/ч.

Эксперимент показал, что уровни ГДШ положений 1, 3 и 4 примерно одинаковы, в то время как уровень для положения 2 на частотах до 20 Гц выше примерно на 6 дБ, далее до 200 Гц уровни ГДШ практически совпадают, а на частотах свыше 200 Гц уровень ГДШ для положения 2 делителя ниже остальных, особенно в полосе частот 1000–4000 Гц (разность уровней составила порядка 10 дБ).

Причиной такого эффекта, очевидно, является частичное перекрытие отверстий шайбы отверстиями делителя потока для случаев 1, 3 и 4, что в совокупности с небольшим расстоянием между источником и делителя приводит к повышенному вихреобразованию на краях отверстий делителя.

Дальнейшие испытания проводились для делителя потока при положении «2».

Определение влияния расположения делителя потока относительно источника по расстоянию. С увеличением расстояния от источника до делителя растет уровень ГДШ на частотах свыше 1–2 кГц (с каждым увеличением расстояния уровень ГДШ увеличивается примерно на 4–6 дБ), уровень ГДШ на частотах менее 1 кГц снижается при росте расстояния между источником и делителем. Особенно заметно снижение уровня от 50 до 1250 Гц. В этой полосе эффективность составила около 7 дБ при всех расстояниях между источником и делителем.

Влияние толщины делителя на его эффективность. Эксперимент показал, что в диапазоне частот до 800 Гц увеличение толщины делителя приводит к увеличению эффективности до 8 дБ. Но на частотах выше 2000 Гц увеличение толщины существенно увеличивает собственную генерацию ГДШ, возбуждаемого кавитацией потока. В связи с этим толщина делителя не должна превышать диаметр отверстий.

4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ МАЛОШУМНОГО КЛАПАНА

С учетом приведенных выше результатов исследований по снижению ГДШ была разработана конструкция клапана, общий вид клапана приведен на рис. 6.

В качестве дроссельного элемента регулирующего органа использована гильза с отверстиями различного диаметра в зависимости от исполнения и пазы. В процессе открытия клапана на малых уровнях мощности поток проходит через часть гильзы с отверстиями, при необходимости увеличения

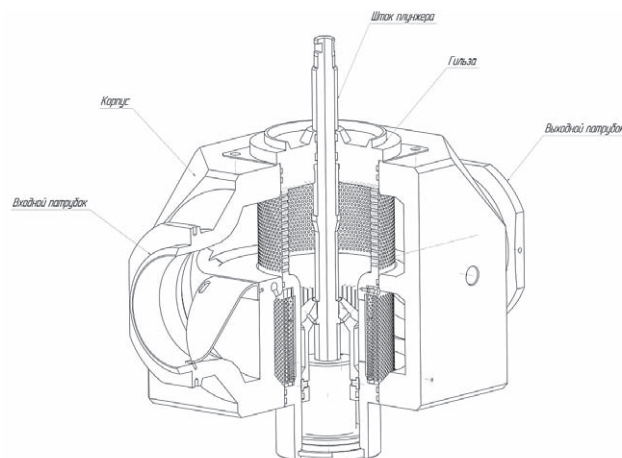


Рис. 6. Общий вид клапана

расхода без требований к малому шумности поток проходит также через пазы. Отверстия в гильзах расположены таким образом, чтобы обеспечить линейность зависимости площади открытия от хода плунжера клапана и, как следствие, линейность регулировочной характеристики. Кроме дробления потока в перфорированной зоне гильзы, для снижения уровня гидродинамического шума, излучаемого клапаном, применены два сепаратора, представляющие собой цилиндрические перфорированные экраны, установленные один внутри другого, опоясывающие зону истечения потока из гильзы (рис. 7).

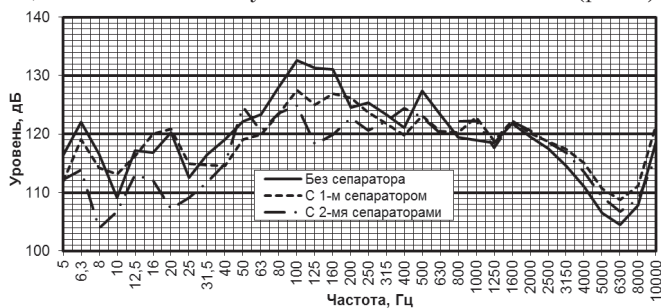


Рис. 7. Уровни ГДШ для гильз с одним и двумя сепараторами

Проведенные всесторонние исследования позволяют сделать вывод, что наиболее эффективными мероприятиями по снижению ГДШ клапанов являются применение гильз с диаметром отверстий 1 мм и установка двух и более сепараторов вокруг гильзы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны модели проточных частей клапанной аппаратуры. Предложен вариант проточной части клапанов в виде цилиндрического канала диаметром 1 мм, обеспечивающий при приемлемой технологичности наилучшие акустические характеристики.

Предложена конструктивная схема двухступенчатого экрана для разбивки выходной струи клапанов, проведено ее численное моделирование, показавшее высокую эффективность дробления струи. Предложено выполнение акустических экранов неравномерной проводимости для их большего влияния на турбулентность выходной струи клапана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестовицкий Э. Г., Гладили Ю. Ф., Голованов В. И., Сарафанов И. А. Снижение вибрации и шума гидравлических приборов систем управления техническими средствами. / Под ред. В. В. Войтецкого. – СПб.: Астерион, 2008. – 316 с.
2. Ткаченко В. М., Смольяков А. В., Коляшницын В. А., Маршов В. П. Частотно-волновой спектр турбулентных давлений: способы измерения и результаты // Акустический журнал. – 2008. – Т. 54. – № 1 – С. 127–132. ■

За последнее десятилетие по проектам КБ «Вымпел» было спроектировано и построено более 10 морских судов с винторулевыми колонками (ВРК) в качестве движителей. ВРК придают судну высокую управляемость даже на малых скоростях хода. Предметом разноголосий является вопрос, каким способом создавать тормозящий вектор тяги – разворотом ВРК или ее реверсом. С точки зрения теории корабля это способы равнозначные, если время, которое требуется для создания обратного вектора тяги у них одинаковое. Однако в действительности между этими вариантами большая разница.

Описание электропривода ВРК. Структурные схемы электроприводов ВРК показаны на рис. 1. Вращающий момент для приводного фланца ВРК создает гребной электродвигатель ГЭД. В качестве ГЭД в большинстве случаев используются асинхронные одно- или двухобмоточные двигатели с короткозамкнутым ротором. Управление гребным электродвигателем осуществляется с помощью преобразователя частоты (ПЧ ГЭУ), состоящего из входного неуправляемого выпрямителя, звена постоянного тока и выходного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН с ШИМ).

Преобразователь частоты позволяет обеспечить векторное управление электродвигателем и достичь механических характеристик, приведен на рис. 2.

Основным достоинством такого способа управления является номиналь-

РЕВЕРС И РАЗВОРОТ К ВОПРОСУ ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ТОРМОЖЕНИЯ СУДА, ОБОРУДОВАННОГО ВИНТУРУЛЕВЫМИ КОЛОНКАМИ

Д.В. Умаров, начальник отдела,
П.Ю. Катаев, вед. конструктор, ОАО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 433 4149

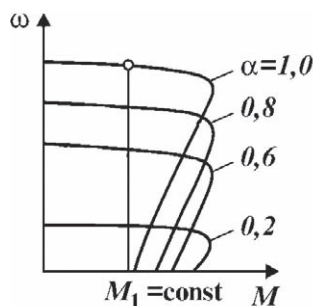


Рис. 2. Механические характеристики частотно-управляемого асинхронного электродвигателя при постоянном моменте

ный коэффициент полезного действия (в среднем – около 96%) во всем диапазоне загрузки от нуля до номинальной. Отличием вариантов структурных схем электроприводов ГЭД на рис. 1 является наличие в варианте «б» тормозного резистора, позволяющего осуществлять режим динамического торможения ГЭД (рис. 3). Для этого статор двигателя от-

ключают от сети и подключают к источнику постоянного напряжения, ток которого создает магнитное поле машины при торможении. Для ограничения тока динамического торможения служит тормозное сопротивление.

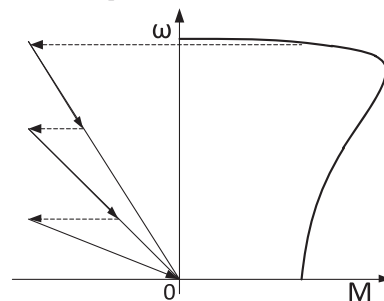


Рис. 3. Механическая характеристика асинхронного двигателя при переходе в режим динамического торможения

Описание процесса торможения.

При необходимости создать обратный вектор тяги ВРК оператору необходимо либо изменить направление вращения винта ВРК, либо развернуть ВРК, не изменяя направление вращения винта. Циклограмма этих процессов показана на рис. 4.

В первом случае (верхняя циклограмма) процесс торможения судна осуществляется реверсом винта. С поступлением команды «Стоп» статор ГЭД замыкается на тормозной резистор для того, чтобы создать тормозящий электромагнитный момент и снизить частоту вращения ротора до нуля. С приближением частоты вращения ротора ГЭД к нулю на его статор подается напряжение с обратной последовательностью чередования фаз. Плавным регулированием напряжения и частоты питающего напряжения с помощью ПЧ при постоянной мощности ГЭД разгоняется в обратную сторону. С момента команды «Полный назад» до набора гребным винтом номинальной частоты вращения противоположного направления проходит в среднем от 20 до 30 с. Аналогичное требование по времени разворота предъявляется ко всем видам пропульсивных установок.

Во втором случае (нижняя циклограмма) процесс торможения судна осу-

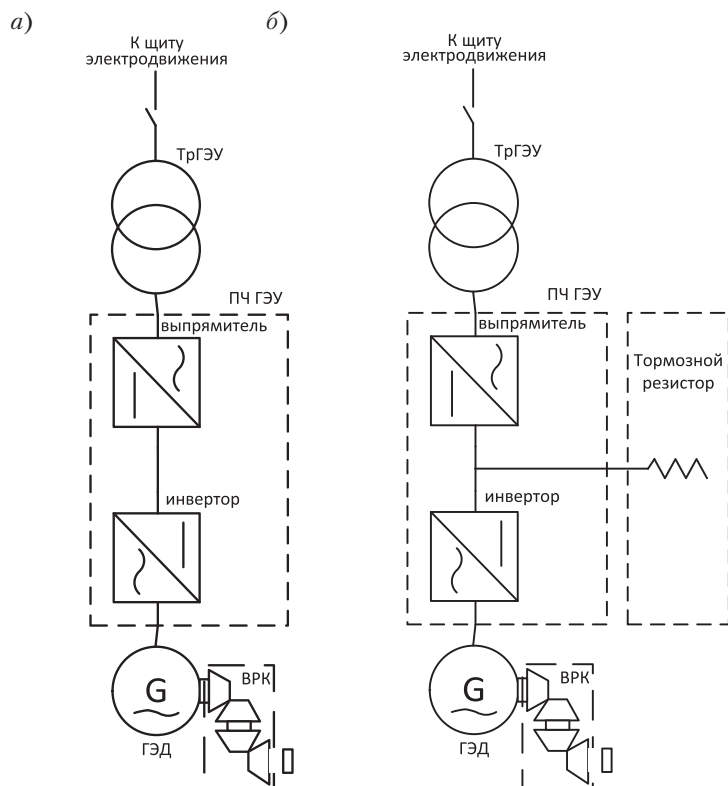


Рис. 1. Структурные схемы электроприводов ВРК: а – электропривод без тормозного резистора; б – электропривод с тормозным резистором

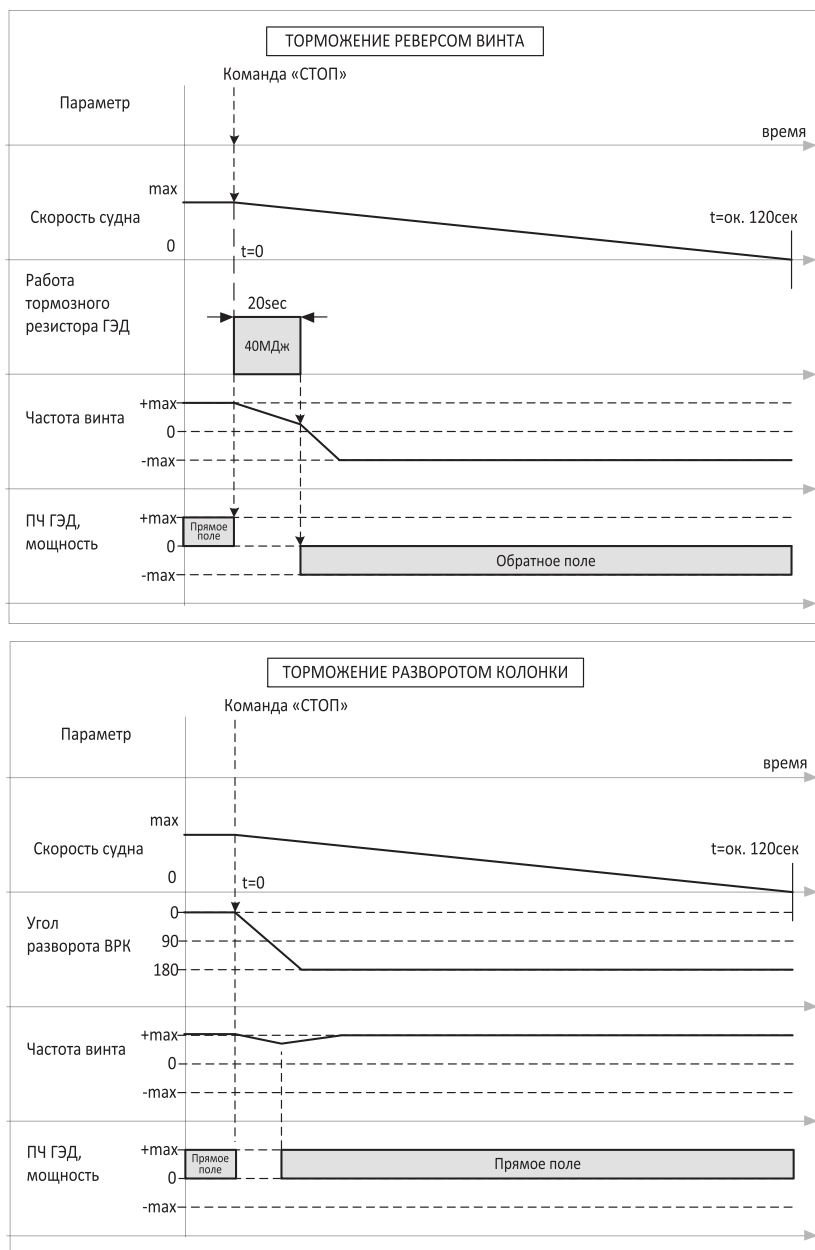


Рис. 4. Циклограмма процесса торможения судна

существляется разворотом ВРК при незначительном снижении частоты вращения ГЭД. С поступлением команды «Полный назад» прекращается подача мощности на ГЭД и включаются механизмы разворота ВРК. Снижение мощности ГЭД на время разворота ВРК требуется из соображений снижения механического напряжения на опоры ВРК. С приближением гондолы ВРК к положению 180° возобновляется подача мощности на ГЭД в прежнем направлении вращения. ГЭД разгоняется до номинальной частоты в том же направлении, создается вектор тяги, противоположный первоначальному. Максимальное время разворота гондолы ВРК нормируется правилами классификационных обществ. На практике эта величина составляет около 25 с.

Как видно, для разворота гондолы ВРК и реверса ее винта практическим (т.е. фактически создаваемым и сдава-

емым заказчику) пропульсивным установкам требуется одинаковое время.

Энергетические показатели. Для анализа описанных выше вариантов

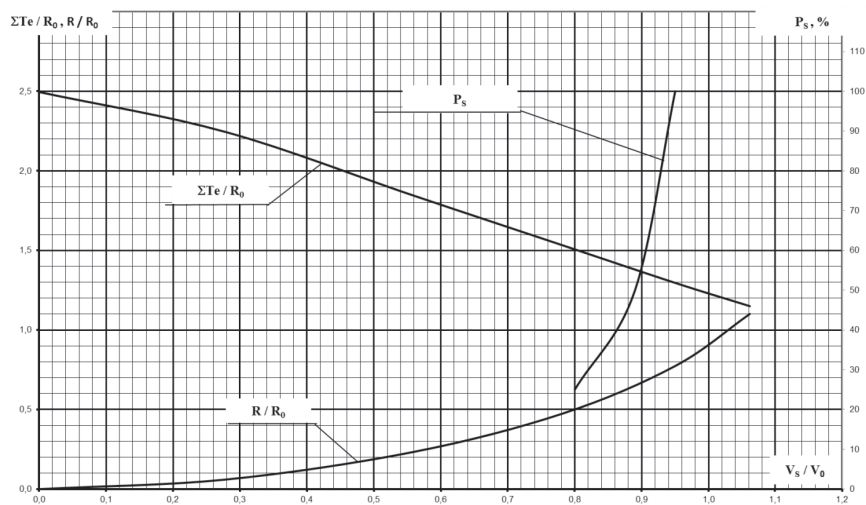


Рис. 5. Зависимости P_s , R от V_s .

торможения судна необходимо рассматривать несколько энергетических показателей:

– кинетическую энергию судна

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2},$$

где m – масса судна, кг; V – скорость его движения, м/с;

– кинетическую энергию винта

$$T_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2},$$

где J – момент инерции винта, кг·м²; учитываются все маховые массы линии «винт-ротор ГЭД»; ω – частота вращения винта, рад/с;

– тепловую энергию, выделяющуюся на тормозном резисторе за время торможения

$$Q = \int I(t)^2 \cdot R_t dt,$$

где $I(t)$ – ток резистора, А; R_t – тормозное сопротивление, Ом; t – время, с.

Базой для анализа параметров торможения являются расчет скорости хода судна и тяговых характеристик, приведенные в них зависимости требуемой мощности ГЭД P_s , сопротивления воды движению судна R от скорости движения судна V_s .

В общем виде графики этих зависимостей показаны на рис. 5.

Методами численного интегрирования решаются общее и частные уравнения движения материального тела в пространстве:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = \sum F,$$

где $\sum F$ – сумма всех действующих на тело сил.

Время торможения судна под действием тормозящей силы гребного винта можно оценить по выражению

$$\tau = (1+k) \cdot m \int_{V_1}^0 \frac{dV}{f(V)},$$

где k – коэффициент, учитывающий присоединенные массы воды; V_1 – скорость движения судна в начальный момент времени.

$$S = (1+k) \cdot m \int_{v_1}^0 \frac{VdV}{f(V)}.$$

Сравнительная оценка вариантов.

Результат сравнения методов торможения для судна водоизмещением 25 тыс. т, совокупной мощностью ГЭД 25 МВт, с тормозными резисторами в составе ГЭУ с максимальной тепловой энергией 46 МДж приведены в таблице.

Величина тепловой энергии, выделяемой на тормозном резисторе при работе в составе электропривода, принята с допущением, что средний КПД гребного винта при работе в режиме турбины составляет 15%. Энергия, которая может быть передана тормозному резистору, включает 100% кинетической энергии вращающихся маховых масс валовой линии и 15% кинетической энергии движущегося судна

$$Q = T_k + \eta_{\text{винта}} \cdot E_k,$$

где $\eta_{\text{винта}} = 0,15$ – коэффициент полезного действия винта.

Побочные эффекты. Применение тормозных резисторов в составе электропривода ВРК приводит к необходимости решения нескольких дополнительных задач.

Во-первых, следует найти место для установки тормозных резисторов. Резисторы работают в режиме резкого нагрева до высокой (около 250° С) температуры. Это приводит к необходимости исключить возможность нахождения человека вблизи при их работе. Габариты тормозных резисторов примерно равны габаритам силовой ячейки инвертора ПЧ. Многоцелевые суда с высокой энерговооруженностью и большим количеством специального оборудования проектируется в условиях дефицита пространства.

Во-вторых, для утилизации выделяемого тепла тормозных резисторов придется предусмотреть дополнительную систему вентиляции. Нагретый воздух необходимо выбрасывать в окружающую среду кратчайшими путями, а температура воздуха окружающей среды резистора должна быть той же, что и всего другого электрооборудования. Это приводит к необходимости предварительной очистки и нагрева воздуха, подводимого к резисторам, до приемлемых параметров, что становится дополнительной нагрузкой

Результаты сравнения методов торможения

Параметр	Макс. ход		Маневрирование на малом ходу		Швартовный режим	
	Разворот ВРК	Реверс ГЭД	Разворот ВРК	Реверс ГЭД	Разворот ВРК	Реверс ГЭД
Начальная скорость движения судна, м/с	7,7 (15уз)		2,5 (5уз)		1 (2уз)	
E_k , МДж	744		82		13	
T_k , МДж	2×1,5		2×1,5		2×1,5	
Q , МДж	0	92*	0	max15	0	max5
Длительность операции, с	25	20–30	25	5–10	25	5–10
Общее время торможения, с	~180	~180	~80	~60	~60	~45
Тормозной путь, м	~700	~700	~50	~50	~0	~0

*Максимально возможное количество энергии тормозного резистора ограничено его конструкцией и не может быть более 46 МДж. Когда температура его токоведущих частей превышает уставку, он отключается от схемы электропривода.

на систему вентиляции и кондиционирования воздуха.

Эти факторы создают дополнительные трудности при проектировании судов с электродвижением.

ВЫВОДЫ

1. При торможении с полного хода длительность процедуры реверса винта и разворота колонки одинаковы. Если судно тормозится с малых ходов, то реверс винта занимает меньше времени, чем разворот колонки.
2. Полное время торможения судна с полного хода при использовании разворота колонки равно тому же показателю при реверсе гребного винта. При движении судна на малых скоростях торможение судна осуществляется быстрее при реверсе винта, чем при развороте колонки, но разница незначительна. Частота реверсов винта ограничена максимально допустимым количеством тепла, выделяющегося на тормозных резисторах.
3. Энергия, выделяемая на тормозных резисторах, крайне мала по сравнению с кинетической энергией судна, движущегося на полной скорости. Тормозные резисторы в составе главного электропривода ВРК не могут оказать значительного влияния на снижение скорости движения судна. Считать, что тормозные резисторы значительно влияют на снижение скорости судна неправильно.

4. Максимальный эффект тормозные резисторы могут оказать в случае необходимости реверса винта при малой скорости движения судна. При этом на резисторах выделяется $\max 15/n$ МДж тепловой энергии (n – количество винтов).
5. В общем случае тормозные резисторы необходимо рассчитывать из условия $Q = (3 \div 4) \cdot T_k$, т.е. задаваться целью погасить кинетическую энергию маховых масс валовой линии. Это позволит не переоценить теплотворную способность резисторов и обеспечить необходимую и достаточную маневренность судну.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля. Судовые движители и управляемость. – Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
2. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справ. – Л.: Судостроение, 1988.
3. Аифимов В.Н., Ваганов Г.И., Павленко В.Г. Судовые тяговые расчеты. – М.: Транспорт, 1970.
4. Полонский В.И. Электродвижение судов. – М.: Транспорт, 1965.
5. Результаты ходовых испытаний ледокола 21900М, зав №230 КБ «Вымпел», 2016.
6. Материалы проектной документации судна в постройке пр. 22600.КБ «Вымпел», 2016. ■

Отечественный и зарубежный опыт применения гидронасосов [1–3] показывает, что при обеспечении требуемого качества рабочей жидкости их ресурс в процессе эксплуатации исчисляется многими тысячами часов безотказной работы. Срок службы насоса в значительной степени определяется особенностью режима эксплуатации, основными показателями которого являются давление рабочей жидкости и число оборотов насоса. Насосы, входящие в состав рулевых машин, работают при переменном давлении, так как нагрузки, возникающие на пере руля, меняются в зависимости от угла перекадки руля, скорости судна, состояния водной поверхности и т.д. Возникает проблема оценки срока службы насоса, работающего в переменном режиме. При этом следует определить условно постоянный (эквивалентный) режим эксплуатации насоса, т.е. среднее давление рабочей жидкости, создаваемое насосом при работе рулевой машины. С учетом опыта эксплуатации нами принят следующий часовой режим работы насосов в составе рулевых машин [4–5]:

0,5% времени – при давлении 15 МПа (150 кгс/см²);

12% – при 10 МПа (100 кгс/см²);

27,5% – при 5 МПа (50 кгс/см²);

60% – при 2 МПа (20 кгс/см²).

Отметим, что при данном часовом режиме обеспечивает большой запас при оценке срока службы насоса. Дополнительно примем, что около 10% времени затрачивается на повышение и сброс давления. Тогда эквивалентное среднее давление режима работы насоса

$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{t_{\text{общ}}} \cdot (P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + P_3 \cdot t_3 + P_4 \cdot t_4) \cdot 0,9 = 3,69 \text{ МПа (36,9 кгс/см}^2\text{)}, \quad (1)$$

где P_1, P_2, P_3, P_4 – давление, развиваемое насосом на каждом из принятых временных отрезков; $t_{\text{общ}} = 60$ мин – время работы машины в течение часа; t_1, t_2, t_3, t_4 – время работы насоса, мин, при соответствующем, указанном выше, давлении.

Для определения долговечности насосов были проведены их форсированные испытания. Испытывались три насоса: насос №1 (ПД№5) проработал 1880 часов при среднем давлении 6,65 МПа (66,5 кгс/см²), насос №2 (ПД№20) – 2680 часов при среднем давлении 5,52 МПа (55,2 кгс/см²) и числе оборотов $n = 1440 \text{ с}^{-1}$ (об/мин), а насос №3 (ПД№10) проработал 2400 часов при среднем давлении 10 МПа (100 кгс/см²) и числе оборотов $n = 1500 \text{ с}^{-1}$ (об/мин).

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента пересчета N аксиально-поршневого насоса от относительных значений числа оборотов n и давления жидкости P [6]. По данной номограмме можно определить срок службы насоса, работающего в составе рулевой машины, на основе результатов проведенных испытаний.

Коэффициент пересчета N учитывает режим эксплуатации насоса в составе рулевых машин. Например, при $N = 1$ реализуется номинальный срок службы насоса. Если $N > 1$, срок службы выше номинального, при $N < 1$ – ниже. Отметим, что в рулевых машинах насосы работают на меньших, чем в процессе испытаний, оборотах.

Определение коэффициента пересчета N с помощью номограммы выполняем следующим образом. Делим значение эквивалентного среднего давления (1) на среднее значение давления испытаний и откладываем полученную величину P на оси ординат номограммы. Далее относим скорость вращения насоса к номинальному значению и откладываем частное от деления на оси абсцисс номограммы n . Если испытания проводились при номинальной скорости вращения,

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАСОСОВ ПЕРЕМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В СОСТАВЕ РУЛЕВЫХ МАШИН

А.В. Самсонов, канд. техн. наук, врио директора,

Ю.В. Копытов, гл. конструктор,

В.Ю. Каминский, канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией, ЗАО «ЦНИИ СМ»,

контакт. тел. (812) 640 1053, 321 9568

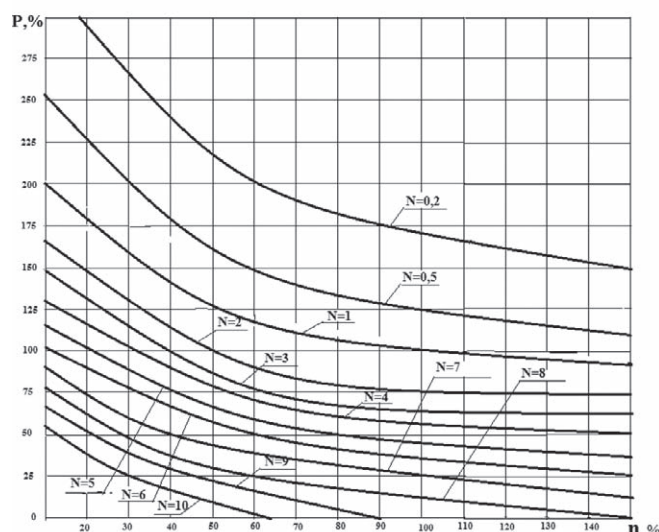


Рис. 1. Зависимость срока службы аксиально-поршневых насосов от числа оборотов и давления жидкости

тогда $n = 100\%$. Определяем точку в поле номограммы с координатами P и n .

Для насосов № 1 и № 2 коэффициент пересчета составил 4,3, для насоса № 3 N – около 6,5 (в связи с более высоким средним давлением при испытаниях насоса). Окончательно умножаем время работы насоса на испытаниях на коэффициент пересчета и получаем расчетное значение ожидаемого ресурса насоса.

Таким образом, для принятого режима работы рулевых машин (1) расчетная долговечность насоса № 1 по результатам стендовых испытаний составила 8100 часов, насоса № 2 – 11 500 часов, а насоса № 3 – 15 600 часов. Следовательно, можно утверждать, что насосы в составе рулевых машин будут работать до капитального ремонта в среднем 12 000 часов.

РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАСОСОВ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ СЛУЖБЫ МОРЕПЛАВАНИЯ МОРСКОГО ПАРОХОДСТВА

Для подтверждения того, что часовой режим работы рулевой машины в рамках выполненного расчета долговечности насосов был принят заведомо тяжелым, и для уточнения режима с учетом реальных характеристик определяем среднее давление и срок службы насосов на основании данных, представленных службой мореплавания морского пароходства. В материалах пароходства приводится в зависимости от рейса приближенное значение времени (в процентах от времени рейса) перекадки руля в легком (на углы 5–15°) и тяжелом режимах (на углы 15–35°). Рассчитаем время работы рулевой машины при перекадках руля на 5, 10, 20, ..., 35° соответственно. Для этого обобщим приведенные в материалах пароходства диапазоны перекадок руля следующим образом: в

диапазоне 5–15° 50–60% переключков происходят на угол 5°, 25–30% переключков – на 10°, 25–10% – на 15°. В диапазоне 15–35° 35% переключков делается на угол 20°, 35% – на угол 25°, 25% – на угол 30°, 5% – на 35°. Далее, исходя из принятого соотношения углов переключки руля, определяем время работы рулевой машины на каждом режиме в процентах от общего времени работы в течение рейса. При этом считаем, что рулевая машина работает непрерывно, без каких-либо остановок руля в диаметральной плоскости (ДП). Дополнительно были приняты следующие допущения.

1. Используется типовой график крутящих моментов на голове баллера. Эта кривая огибает аутентичные зависимости, и, следовательно, расчетные нагрузки, определенные по типовой кривой, превышают действительные.

2. При переключке руля на переднем ходу от борта к ДП судна момент, воспринимаемый рулевой машиной, меньше, чем момент, развиваемый машиной при переключке от ДП к борту. Также учтено, что давление, развиваемое насосом, снижается из-за влияния рулевой машины.

Давление в насосе переменной производительности подсчитывается по следующей формуле:

$$P_n = P_o + P_{тр}, \quad (2)$$

где $P_{тр}$ – потеря давления в трубопроводе; P_o – давление в цилиндрах привода к баллеру, равное

$$P_o = \frac{M_{кр} \cdot (\cos \alpha)^2}{V_o \cdot \eta_o} \text{ при } M_{кр} > 0;$$

$$P_o = \frac{M_{кр} \cdot (\cos \alpha)^2}{V_o} \cdot \eta_o \text{ при } M_{кр} < 0.$$

Здесь $V_o = R \cdot F = \text{const}$ – объемный параметр рулевой машины; η_o – КПД рулевой машины при передаче движения от цилиндров насоса к баллеру ($M_{кр} > 0$); η_o^* – КПД рулевой машины при передаче движения от баллера к цилиндрам насоса ($M_{кр} < 0$); R – радиус румпеля при нахождении руля в ДП; F – площадь плунжеров рулевой машины; α – угол переключки руля; $M_{кр}$ – крутящий момент на голове баллера.

На рис. 2 приведен типовой график давлений, развиваемых насосом в зависимости от угла и направления переключки руля.

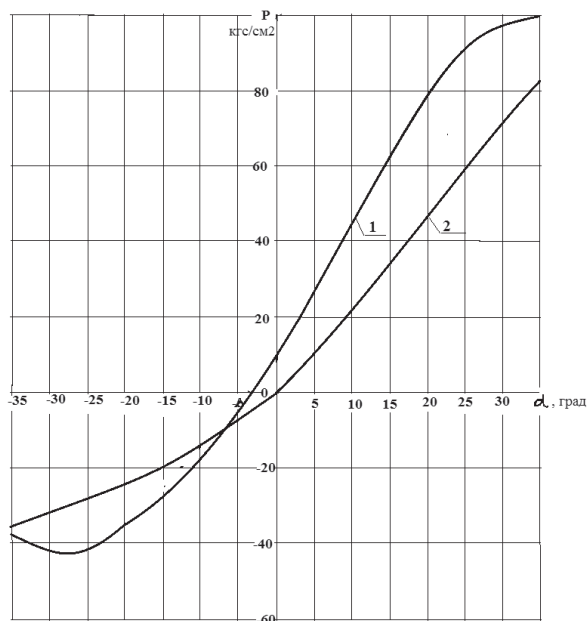


Рис. 2. Зависимость давления масляной среды в насосе типа ПД от угла переключки руля в режиме полного переднего хода

1 – типовая кривая; 2 – аутентичная кривая

3. Насосы №1, №2 и №3, установленные в рулевых машинах Р11–Р18, эксплуатировались на пониженных оборотах $n_n \leq 1000 \text{ с}^{-1}$ (об/мин), в то время как номинальное число обо-

ротом, при котором насосы испытывались на долговечность, $n_n = 1440\text{--}1500 \text{ с}^{-1}$ (об/мин), т.е. $n/n_n = 0,7$ (см. ось абсцисс на рис. 1).

4. Давление среды в насосе менялось от min до max при переключке руля от ДП на угол α и при переключке от угла α к ДП, где α – максимальный угол переключки. Поскольку представленная зависимость не является прямопропорциональной, среднее давление за переключку нельзя определить как среднее арифметическое. Поэтому в расчет срока службы насоса вводится понятие расчетного давления для каждого из углов переключки, которое можно определить либо по среднему (условному) давлению, либо по коэффициенту пересчета для каждого угла переключки.

Среднее (условное) давление (первый способ)

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i \cdot t_i}{\sum t_i} = \frac{\sum P_i \cdot t_i}{T_n}, \quad (3)$$

где P_i – текущее давление на промежуточных углах при переключке руля на заданный (предельный) угол α (5, 10, 15, ..., 35°) (в общем случае является функцией времени); t_i – время переключки на промежуточный угол α_i ; α_i – промежуточный угол при переключке руля на угол α . Так, для $\alpha = 25^\circ$ промежуточными углами будут являться все углы от 0 до 25°; T_n – общее время переключки руля на угол α ; n – число участков переключки руля.

Из условия постоянства скорости переключки (третье допущение) следует:

$$t_i = \frac{\alpha_i}{\alpha} \cdot T_n. \quad (4)$$

Отсюда

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i \frac{\alpha_i}{\alpha} \cdot T_n}{T_n} = \sum P_i \frac{\alpha_i}{\alpha}. \quad (5)$$

Для обеспечения достаточной наглядности алгоритма взяты промежуточные углы $\alpha_i = \pm 5^\circ, \pm 10^\circ, \pm 15^\circ, \dots, \pm 35^\circ$, а в качестве значений P_i – средние значения давлений в интервалах между 0 – 5°, 5 – 10°, 10 – 15° и т.д.

Значения P_i для различных предельных углов α определяются по графику рис. 2. Например, для $\alpha = 5^\circ$

$$P_i = \frac{P_o + P_{5^\circ}}{2} = \frac{10 + 28}{2} = 1,9 \text{ МПа (19 кгс/см}^2\text{)}. \quad (6)$$

Поскольку каждое значение давления P_i действует только в пределах пятиградусного интервала, α_i можно принять равным 5, тогда

$$P_{cp} = \sum P_i \frac{5^\circ}{\alpha}. \quad (7)$$

Это же можно выразить следующим образом:

$$P_{cp} = \sum P_i \frac{\alpha_i}{\alpha} = P_{5^\circ} \frac{5^\circ}{\alpha} + P_{10^\circ} \frac{10^\circ - 5^\circ}{\alpha} + P_{15^\circ} \frac{15^\circ - 10^\circ}{\alpha} + \dots + P_\alpha \frac{\alpha - (\alpha - 5^\circ)}{\alpha} = \frac{5^\circ}{\alpha} (P_{5^\circ} + P_{10^\circ} + \dots + P_\alpha) = \frac{5^\circ}{\alpha} \sum P_i, \quad (8)$$

где $P_{5^\circ}, P_{10^\circ}, \dots, P_\alpha$ – значения давлений в насосе на промежуточных углах переключки, т.е. P_i .

Окончательно

$$P_{cp} = \frac{5^\circ}{\alpha} \sum P_i. \quad (9)$$

Например, для угла $\alpha = 30^\circ$ величина $P_{cp} = \frac{\sum P_i}{6}$.

Исключением является интервал от 0° до (–5)°. Поскольку на этом отрезке при $\alpha = -3^\circ$ $P = 0$, то

$$P_{-5^\circ} = \frac{P_{0^\circ} + P_{-5^\circ}}{2}.$$

Этот участок разбит на два более мелких элементарных участка: от 0 до (–3)° и от (–3)° до (–5)°. В результате для угла (–5)°:

$$P_{cp} = \frac{P_{0^\circ} + P_{-3^\circ}}{2} \cdot \frac{3^\circ}{5^\circ} + \frac{P_{-3^\circ} + P_{-5^\circ}}{2} \cdot \frac{5^\circ - 3^\circ}{2} = \frac{10 + 0}{2} \cdot 0,6 + \frac{0 + 6}{2} \cdot 0,4 = 5 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,4 = 0,42 \text{ МПа (4,2 кгс/см}^2\text{)}. \quad (10)$$

Относительная продолжительность работы рулевой машины при различных углах перекадки

Характеристика	Режим						
	Первый (легкий)			Второй (тяжелый)			
Угол перекадки α , град.	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
Относительное время работы при данном угле	0,5-0,6	0,25-0,30	0,25-0,10	0,30	0,30	0,20	0,20
Относительное время работы на режиме	1,0			1,0			

Следует также учесть, что при подходе руля к заданному предельному углу перекадки его угловая скорость (скорость перекадки) уменьшается, т.е. максимальное для каждого угла α давление в действительности поддерживается несколько дольше. Замедление перекадки руля весьма незначительное, и расчетное давление

$$P_{\text{расч}} = K \cdot P_{\text{ср}}, \quad (11)$$

где $K=1,03-1,07$ – коэффициент, учитывающий замедление скорости перекадки руля в конце процесса.

Расчетное давление для каждого из углов перекадки по коэффициенту пересчета N (второй способ) определяется следующим образом: разбиваем весь цикл перекадки руля, как и в первом способе, на элементарные участки по 5° . Если продолжительность полной перекадки руля с борта на борт в пределах угла перекадки $+35^\circ - (-30^\circ)$ принять равной 28 с, то продолжительность перекадки (при постоянной скорости перекадки) на каждом из элементарных участков $T_{\text{уч}} = 2$ с. Для каждого элементарного участка, как и прежде, определяем среднее давление P_i .

Принимая во внимание работу насосов в рулевых машинах на меньших оборотах, чем обороты при испытаниях ($n/n_{\text{н}} = 0,7$), определяем коэффициент пересчета $N_{\text{уч}}$ для каждого элементарного участка перекадки руля. Далее определяем время, за которое насос при давлении 10 МПа (100 кгс/см²) и числе оборотов $n_{\text{н}} = 1440 \text{ с}^{-1}$ (об/мин) получит износ, эквивалентный износу в случае работы насоса при давлении P_i в течение времени $T_{\text{уч}} = 2$ с.

Тогда эквивалентное время перекадки для каждого предельного угла α составит

$$T_{\text{экв.пер}} = \sum T_{\text{экв.участков}} \quad (12)$$

Расчетный коэффициент пересчета для каждого из углов перекадки

$$N_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пер}}}{T_{\text{экв.пер}}}, \quad (13)$$

где $T_{\text{пер}}$ – время перекадки руля от 0 до α или от $(-\alpha)$ до 0° .

Зная $N_{\text{расч}}$, и используя зависимости рис. 1, определяем давления P_α (для каждого из углов α), соответствующие значениям $N_{\text{расч}}$.

Расчетное давление

$$P_{\text{расч}} = K \cdot P_\alpha, \quad (14)$$

где $K = 1,03-1,07$ – коэффициент, учитывающий замедление скорости перекадки руля в конце процесса.

Определив одним из двух способов расчетное давление, переходим к расчету срока службы насоса, приняв следующие допущения. В табл. 1 показано, какой процент от общего времени рейса руль перекачивается в легком режиме на углы $5^\circ-15^\circ$, а в более нагруженном режиме на углы $15^\circ-35^\circ$.

Таблица 1

Относительная продолжительность режимов работы рулевой машины в различных рейсах

Режим	Рейс					
	1	2а	2б	3	4	5
Первый (легкий)	0,8	0,81	0,85	0,96	0,96	0,6
Второй (тяжелый)	0,2	0,19	0,15	0,04	0,04	0,4

Определим время работы рулевой машины при перекадках руля на $5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 35^\circ$. Приведенные диапазоны перекадок руля обобщаются в табл. 2.

Относительная продолжительность работы рулевой машины при перекадке руля в направлении $\alpha \rightarrow \text{ДП}$ и $\text{ДП} \rightarrow \alpha$ составляет 0,4; одерживание руля на угле $\alpha - 0,2$.

Определим алгоритм расчета ресурса насоса при условии, что расчетное давление найдено первым способом – по среднему (условному) давлению. Для каждого из предельных углов перекадки руля α ($5^\circ, 10^\circ, \dots, 35^\circ$) задаем расчетное давление P_i и определяем относительное время работы в рейсе t_i , приходящееся на конкретный режим. Порядок расчета

относительного времени работы на режиме в рейсе рассмотрим на примере первого рейса и угла перекадки руля в 5° в направлении $\alpha \rightarrow \text{ДП}$:

$$t_i = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,192, \quad (15)$$

где 0,8 – относительная продолжительность работы рулевой машины в легком режиме (см. табл. 1); 0,6 – доля перекадок руля на 5° (см. табл. 2); 0,4 – доля перекадок руля в направлении $\alpha \rightarrow \text{ДП}$.

Определяем среднее расчетное давление для каждого рейса:

$$P_{\text{рейса}} = \frac{\sum P_i \cdot t_i}{\sum t_i}, \quad (16)$$

где $\sum t_i = 1$, т.е. $\sum t_i$ – времени рейса.

Окончательно

$$P_{\text{рейса}} = \sum P_i \cdot t_i \quad (17)$$

Используя значения $P_{\text{рейса}}$ по номограмме (см. рис. 1), определяем коэффициент пересчета для рейса.

Находим расчетный срок службы насоса как произведение $N \cdot T_{\text{раб}}$, где $T_{\text{раб}}$ – время работы насоса при испытании на долговечность.

Среднее давление меняется в зависимости от сложности рейса от 1,735 МПа (17,35 кгс/см²) (3-й и 4-й рейсы) до 2,7216 МПа (27,216 кгс/см²) (5-й рейс). Этим давлениям соответствуют следующие коэффициенты пересчета: $N_{P=17,35} = 7,6$ и $N_{P=27,2} = 6,5$ (см. рис. 1).

Для насоса №1 $N_{P=17,35} = 7,6$ и $N_{P=27,2} = 6,5$ (за номинальное взято давление 6,6 МПа (66 кгс/см²)). Для насосов №2 $N_{P=17,35} = 8,2$ и №3 $N_{P=27,2} = 7,4$ (номинальное давление 10 МПа (100 кгс/см²) среднее давление, при котором испытывались насосы).

Расчетный срок службы насоса №1:

$$\text{ПД} \text{ №5} = (6,5 \cdot 7,6) \cdot 1880 \approx 12 \, 200 \, 14 \, 300 \text{ часов};$$

Расчетный срок службы насоса №3:

$$\text{ПД} \text{ №10} = (7,4 \cdot 8,2) \cdot 2400 \approx 17 \, 700 \, 19 \, 700 \text{ часов};$$

Расчетный срок службы насоса №2:

$$\text{ПД} \text{ №20} = (7,4 \cdot 8,2) \cdot 2270 \approx 16 \, 800 \, 18 \, 600 \text{ часов}.$$

Для определения срока ресурса с помощью коэффициентов пересчета (второй способ) необходимо сделать следующее: условно задать время работы рулевой машины в каждом рейсе, например, 10 000 часов (принята для удобства вычислений, с тем чтобы эквивалентное время в течение рейса не было дробным).

Определить для каждого из углов перекадки расчетное давление и коэффициент пересчета.

Рассчитать время работы рулевой машины на каждом режиме в условных часах $t_{\text{усл}} = t_i \cdot 10 \, 000$, где t_i – время работы рулевой машины на режиме в долях от общего времени рейса.

Определить эквивалентное время работы на каждом режиме в условных часах $T_{\text{экв.угла}} = t_{\text{усл}} / N$, где $T_{\text{экв.угла}}$ – время, за которое насос при давлении 10 МПа (100 кгс/см²) и числе оборотов $n_{\text{н}} = 1440 \text{ с}^{-1}$ (об/мин) получит износ, эквивалентный износу в случае работы в течение времени $t_{\text{усл}}$ при расчетном давлении.

Суммируя все значения $T_{\text{экв.угла}}$, определить эквивалентное время работы в течение рейса:

$$T_{\text{экв}} = \sum T_{\text{экв.угла}} \quad (18)$$

Расчетный коэффициент пересчета для каждого рейса определяется как

$$N = \frac{10000}{T_{\text{эвб}}}. \quad (19)$$

Определить расчетную долговечность насоса как произведение $N \cdot T_{\text{раб}}$, где $T_{\text{раб}}$ – время работы насоса при испытаниях на долговечность.

Коэффициент, рассчитанный в зависимости от эквивалентного времени работы $T_{\text{эвб}}$, меняется от $N_{\text{мин}}$ в 5-м рейсе при $T_{\text{эвб}} = T_{\text{макс}}$ до $N_{\text{макс}}$ в 3-м и 4-м рейсах при $T_{\text{эвб}} = T_{\text{мин}}$:

$$N_{\text{рейса}} = \frac{10000}{1237} = 8,09; \quad N_{3,4\text{рейса}} = \frac{10000}{1443} = 6,93.$$

Итак, минимальное значение коэффициента пересчета

$$N_{\text{рейса}} = \frac{10000}{1518} = 6,6.$$

Максимальное значение коэффициента пересчета

$$N_{3,4\text{рейса}} = \frac{10000}{1259} = 7,95.$$

Далее следует воспользоваться номограммой (см. рис. 1) для нахождения расчетного давления, являющегося функцией числа оборотов насоса и коэффициента пересчета. Этим коэффициентам пересчета (6,6 и 7,95) соответствуют средние давления за рейс: при $N = 7,95$ давление $P = 2,05$ МПа (20,5 кгс/см²), а при $N = 6,6$ давление $P = 3,6$ МПа (36,0 кгс/см²).

Поскольку среднее давление при испытаниях на долговечность насоса №1 равно 6,65 МПа (66,5 кгс/см²), то для насоса №1 $N_{p-20,5} = 6,9$, $N_{p-36} = 5,0$.

Для насосов №3 и №2 коэффициент пересчета $N = 6,6-7,95$.

Окончательно срок службы насоса №1:

ПД№5 = (5,0–6,9)·1880≈9400–13 000 часов;

насоса №3:

ПД№10 = (6,6–7,95)·2400≈16 000–19 000 часов;

насоса №2:

ПД№20 = (6,6–7,95)·2270≈15 000–18 000 часов.

ВЫВОДЫ

1. Для принятого режима работы рулевых машин с учетом коэффициента пересчета ресурс насоса № 1 по результатам стендовых испытаний ожидается не менее 8100 часов, насоса № 2 – 11 500 часов, а для насоса № 3 – 15 600 часов. Следовательно, можно утверждать, что насосы в составе рулевых машин будут работать до капитального ремонта в среднем 12 000 часов.

2. При использовании коэффициентов пересчета, получаются более высокие значения давления по сравнению с первым способом (по расчетному давлению) и, как следствие, меньший ресурс насоса: №1 = 13 000 часов, №2 = 18 000 часов, №3 = 19 000 часов. Поэтому окончательно ресурс насоса следует рассчитывать через коэффициенты пересчета.

3. Полученные значения ресурса насосов совпадают с фактическими значениями ресурса насосов типа ПД, эксплуатирующихся на судах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: Уч. пособие / Под. ред. С.П. Степина – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 314 с.
2. Бахта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
3. Малюшенко В. В., Михайлов А. К. Энергетические насосы. – Справ. пособие. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с.
4. Соловьев Е. М. Энергетическое оборудование, механизмы и системы судна. – М.: Мир, 2003. – 280 с.
5. Харин В. М. Судовые гидравлические рулевые машины. – Одесса: Феникс, 2005. – 280 с.
6. Бахта Т. М. Машиностроительная гидравлика. – Справ. пособие. – М.: Машиностроение, 1963. – 672 с.
7. Прокофьев В. Н., Данилов Ю. А. Аксально-поршневой регулируемый гидропривод – М: Машиностроение, 1969. – 400 с. ■

Защита электрооборудования и кабеля от коротких замыканий, перегрузки и пробоев изоляции – важная часть обеспечения безопасности эксплуатации морских объектов. Особенную роль подобная электрическая защита играет на морских объектах с едиными электроэнергетическими системами (ЭЭС) и электродвижением, так как обеспечение безаварийной эксплуатации электрооборудования на подобных объектах напрямую связано с безопасностью объекта в целом – к примеру, замыкание в кабеле смазочного насоса гребного электродвигателя способно лишить хода подобный объект и привести к развитию серьезных аварий. Однако при создании разветвленных систем распределения электроэнергии для подобных объектов по-новому встает вопрос о координации электрических защит, так как традиционные подходы к координации электрических защит при авариях в системе распределения электроэнергии зачастую не позволяют обеспечить избирательность (селективность) отключений поврежденных участков и оборудования ЭЭС подобных объектов. В связи с тем, что значительная

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КООРДИНАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАЩИТ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

А.А. Неёлов, начальник сектора,
М.П. Тихомиров, гл. специалист,
Ю.В. Симакова, вед. инженер-технолог,
А.О. Квашин, начальник сектора,
ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 740 5053

часть аварий в ЭЭС приводит к пробоем изоляции и замыканиям фазы на корпус, отдельно стоит вопрос о заблаговременной локализации мест ухудшения изоляции во избежание последующего пробоя и развития аварийных ситуаций.

На морских объектах отечественной постройки, как правило, используется система распределения электроэнергии с изолированной нейтралью

(типа «ИТ»). Преимущества подобной системы для автономных ЭЭС морских объектов очевидны – при одинарном замыкании фазы на корпус в электрооборудовании или кабеле возможно продолжение работы ЭЭС при условии, что место подобного замыкания будет обнаружено и локализовано персоналом до момента замыкания на корпус в другом месте. В этом случае возникает контур межфазного замы-

кания через корпус со всеми известными негативными последствиями. Во избежание подобных случаев требуется применение устройств контроля состояния изоляции, позволяющих тем или иным способом локализовать место ухудшения изоляции и просигнализировать об этом обслуживающему персоналу. В этих целях распределительные щиты морских объектов оснащаются приборами контроля состояния изоляции под рабочим напряжением – комплектами устройств пофидерного измерения сопротивления изоляции (для низковольтных систем) и аппаратурой диагностики оборудования по частичным разрядам (для высоковольтных систем). При этом разработанные в последние годы методы обнаружения частичных разрядов в высоковольтном оборудовании и кабеле способны локализовать место ухудшения изоляции достаточно точно, с погрешностью до нескольких десятков сантиметров, но способы контроля сопротивления изоляции в системах распределения низкого напряжения остаются на прежнем уровне – ухудшение изоляции определяется в лучшем случае с точностью до фидера, на котором снизилось сопротивление изоляции. К сожалению, использовать эффект частичных разрядов в изоляции для низкого напряжения на сегодняшний момент невозможно – регистрация таких разрядов (разрушений в толще изоляции) возможна, начиная с порога в 3 кВ, на меньшем напряжении данный эффект практически неизмерим.

Для низковольтного оборудования поиск конкретного места ухудшения изоляции в настоящее время, как правило, ведется вручную переносными приборами при нахождении морского объекта в порту, что регламентируется эксплуатационной документацией. Халатность при подобных работах, несвоевременная локализация повреждения изоляции и игнорирование показаний приборов контроля сопротивления изоляции могут привести к пробое изоляции и возникновению аварийных ситуаций, тем самым, в отличие от средств диагностики оборудования высокого напряжения, предупреждение такого рода аварий в сетях низкого напряжения всецело зависит от добросовестности экипажа.

Средства диагностики состояния изоляции способны заблаговременно предупредить персонал о накапливающихся признаках скорого пробоя изоляции. В отличие от них электрические защиты реагируют по заданным уставкам уже при случившейся аварии, т.е. не предотвращая возникновения аварии. При этом совмещение обо-

рудования диагностики с аппаратурой электрических защит на морских объектах пока не получило достаточного распространения. Нормативной базой предписывается использование максимально-токовых защит (МТЗ), контроль токов утечки, но не оговаривается применение средств диагностики с локализацией проблемных мест, вследствие чего проектировщики морских объектов в лучшем случае ограничиваются дифференциальными защитами с низким порогом уставок срабатывания. Главным преимуществом дифференциальной защиты является полная селективность (избирательность), когда системой электрических защит отключается именно тот участок электрической цепи, где обнаружены утечка и перекос фазных токов.

В связи с тем, что разрушительные последствия коротких замыканий на высоком напряжении многократно превышают последствия замыканий на низком напряжении, дифференциальная токовая защита оборудования и силовых кабелей морских объектов намного шире распространена в системах распределения высокого напряжения. Именно такая защита способна определить достаточно малые токи утечки и предупредить перерастание его через изоляцию в двух- и трехфазные короткие замыкания через корпус. Кроме того, в микропроцессорных системах защиты оборудования высокого напряжения морских объектов могут использоваться традиционные для общепромышленного применения и береговых энергетических компаний «направленные» защиты, основанные на анализе векторных диаграмм токов и напряжений сборных шин распределительного устройства и отходящих линий с определением именно того фидера, на котором возникло повреждение. Для низкого напряжения также существуют системы селективной электрической защиты, но с высоковольтными аналогами их объединяет одно – меньшая, чем у дифференциальной защиты, чувствительность, поэтому подобные «селективные» защиты способны бороться с событиями, по токовым уставкам уже переросшими в аварии. Единственным преимуществом «направленных» или «селективных» защит подобного рода является более широкое поле возможных настроек, когда настройка селективности обычной МТЗ приводит к недостаточным коэффициентам запаса по току между различными участками защищаемой сети и совершенно неприемлемым задержкам по времени срабатывания. Это объясняется тем, что в отличие от береговых объектов, в морских автономных ЭЭС длина фи-

деров составляет намного меньшие величины, и из-за недостаточной чувствительности и загробления уставок срабатывание МТЗ при повреждении зачастую происходит одновременно по всей вертикальной структуре распределительной сети, в результате обесточиваются целые группы электропотребителей.

К примеру, отсутствие селективности срабатывания по МТЗ между автоматом отходящей линии и вводным автоматом на ГРЩ-400 В (рис. 1) способно привести к синхронному отключению выключателя ГРУ-6,3 кВ, питающего трехобмоточный трансформатор и, соответственно, вывести из строя не только ГРЩ-400 В, но и систему возбуждения одного из гребных электродвигателей, что может привести к опасным последствиям для судовождения и аварийной ситуации в электроснабжении ряда электропотребителей.

Неизбежность использования подобных вариантов электрических защит для разветвленных ЭЭС определялась главным недостатком дифференциальной токовой защиты: необходимость сведения всех измеренных токов в один измерительно-обрабатывающий контроллер (или реле). Наличие большого количества цепей от трансформаторов тока в подобной системе защиты повышает опасность эксплуатации, так как при разрыве каждой такой цепи может возникнуть опасный электрический потенциал, что может привести к искрению и появлению устойчивой дуги.

Решения данных вопросов до настоящего времени в полной мере не существует – в очередных проектах морских объектов по-прежнему используются модификации предыдущих технических решений. Однако, если обратиться к опыту дифференциальных защит береговых линий электропередач и кабелей и к инновациям в нефтегазовой отрасли, то решение может быть найдено.

В береговых электрических сетях ввиду невозможности передачи на большие расстояния сигналов от токовых трансформаторов большую популярность приобрели цифровые оптические «распределенные» дифференциальные защиты. Принцип их работы прост: на обоих концах защищаемой линии устанавливаются «полукомплекты» специальных микропроцессорных устройств со связью между собой по оптической линии. Общаясь между собой в режиме реального времени, полукомплекты сравнивают амплитуды, фазы токов и напряжений и тем самым улавливают изменения, происходящие на защищаемом участке. Для их

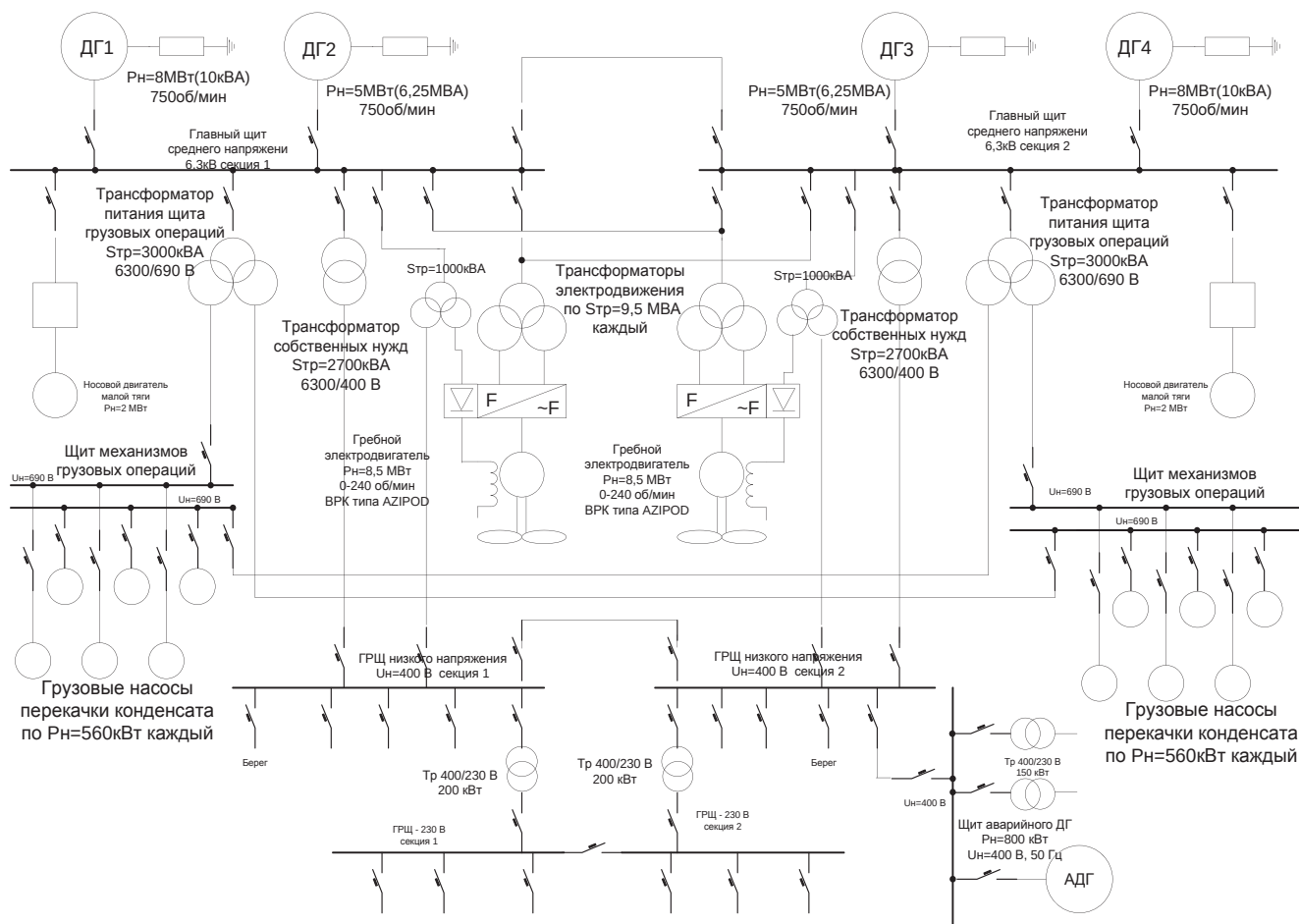


Рис. 1. Структура ЭЭС танкера для газового конденсата (70 тыс. рег.м)

соединения возможно использование как отдельного оптического кабеля, так и оптической жилы, интегрированной в силовой кабель.

В нефтегазовой отрасли в последнее время для контроля состояния кабелей погружных насосов нашел применение способ распределенного контроля температуры при помощи интегрированного в кабель оптического волокна. Данный способ можно использовать при определении места локального разогрева, т.е. места в изоляции кабеля, где происходит повышенная утечка тока фазы во внешнюю среду. Особенную значимость подобный метод определения повреждения приобретает в том случае, когда по ряду причин ток двухфазного замыкания через корпус не достигает уставки срабатывания электрической защиты и, тем не менее, приводит к прогрессирующему разогреву в местах утечки и в конечном итоге к возгоранию при бездействии аппаратов электрической защиты. Достижения промышленности позволили

создать оптоволокно, не теряющее своих свойств в тяжелых условиях эксплуатации. Так как зачастую на морских объектах кабели находятся в столь же труднодоступных местах, как и скважины, применение подобных кабелей на морских объектах в подобном качестве можно будет отнести к прорыву в области локализации мест повреждения изоляции.

Объединение же функций температурного контроля и передачи сигналов дифференциальных защит на защищаемых участках низковольтных распределительных сетей позволит одновременно решить вопрос локализации мест ухудшения изоляции и координации электрических защит. Невосприимчивость оптоволокна к электромагнитным импульсам позволит обеспечить большую надежность передачи данных между согласованно действующими аппаратами, а применение в составе пакетов передаваемых данных прочей цифровой информации в соответствии с протоколом МЭК-61850 позволит создать полностью

скоординированную систему работы электрических защит и диагностики оборудования и кабеля распределительных сетей ЭЭС морских объектов.

Проблемой остаются низковольтные аппараты электрических защит, не приспособленные для работы с подобными методами диагностики состояния изоляции, координации электрических защит и с протоколами передачи данных. Тем не менее ввиду роста мощностей электроэнергетики на морских объектах и широкому применению единых ЭЭС с электродвижением вопрос развития электрических защит и диагностики состояния изоляции будет подниматься вновь и вновь, и не исключено, что в ближайшие годы какая-либо из ведущих электротехнических фирм анонсирует выпуск выключателей с оптическими преобразователями совместно с электрооптическими кабелями, позволяющими координировать электрические защиты, диагностику состояния изоляции и передачу данных по современным цифровым протоколам. ■

Наша организация является производителем судовой трубопроводной арматуры и активно сотрудничает с отечественными судостроителями. Исторически АО «Машиностроительный завод «Армалит» (до апреля 2015 г. – ОАО «Армалит-1») – правопреемник ГП «Знамя Октября».

Налаженный диалог с проектно-конструкторскими организациями позволяет своевременно собирать, систематизировать и изучать достоверную информацию об актуальных требованиях проектантов к арматуре при проектировании корабельных систем. Анализируется опыт верфей в строительстве, ремонте и эксплуатации кораблей. С 2012 г. в структуре машиностроительного завода «Армалит» функционирует проектное подразделение, которое разрабатывает новые типы продукции, предложения которых на рынке судовой арматуры отечественного производства либо отсутствуют, либо имеют фрагментарный характер. Четырехзначный буквенный код ИЮКЛ, использующийся в обозначении конструкторской документации на арматуру, был выдан в 1986 г. предприятию «Знамя Октября». Сегодня код ИЮКЛ закреплен НИИ «Лот» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» за АО «Армалит».

В этой статье будет дано описание шаровых кранов и дисковых затворов как плод работы наших конструкторов. Будут рассмотрены преимущества этих продуктов по сравнению с применяемой в настоящее время арматурой. Стоит отметить, что эти разработки уже применяются в проектах ведущих ПКБ нашей страны, таких как ЦКБ МТ «Рубин», ЦМКБ «Алмаз», КБ «Вымпел».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Судовые системы представляют собой совокупность специализированных трубопроводов с механизмами, аппаратами, приборами и устройствами, предназначенными для удовлетворения общесудовых нужд по обеспечению безопасности плавания, обитаемости, сохранности грузов и судовых конструкций от разрушающего действия влаги. Системы судовых энергетических установок – это совокупность специализированных трубопроводов с механизмами, аппаратами, приборами и устройствами, предназначенными для выполнения определенных функций по обеспечению эксплуатации судовых энергетических установок. Разнообразие функций, выполняемых судовыми системами и системами судовых энергетических установок, приводит к многообразию их конструктивных форм, которые можно классифицировать по назначению систем, типам судов, где они применяются, роду рабочей жидкости

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В СУДОВОМ АРМАТУРОСТРОЕНИИ

*С.В. Забейхайло, менеджер по маркетингу АО «Армалит»,
контакт. тел. (812) 459 4555*

или газов, участию систем в борьбе за живучесть судна и т.д. [1]

Общей целью технической эксплуатации судовых систем наряду с обеспечением безопасности и надежной работы судна является эффективное выполнение ими своего транспортного назначения [2].

На основе этой информации попробуем сформировать перечень общих требований, предъявляемых к судовой арматуре, для возможности применения ее в системах кораблей, судов и прочих плавсредств:

- коррозионная стойкость материалов (здесь имеется в виду стойкость материалов арматуры к воздействию на них как внешних, так и транспортируемых системами сред);
- оптимальные массогабаритные параметры;
- минимальный коэффициент гидравлического сопротивления;
- максимальный ресурс;
- эргономичность конструкции;
- цена (говоря о цене, ее следует разделить на цену приобретения и цену потребления (эксплуатации) продукции. При принятии решения о применении арматуры в проекте зачастую в расчет принимается только первая, это связано с отсутствием системного анализа затрат на эксплуатацию арматуры и потерь от простоев из-за протечек арматуры или ее дефектов).

Специальные требования:

- виброшумовые характеристики;
- класс герметичности запорного органа;
- удароустойчивость;
- теплосберегающие свойства;
- повышенные гарантийные обязательства;
- прочие.

Перечень можно продолжить.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ НАШЕГО КБ

Судовое арматуростроение развивается, и на рынок выходят новые виды продукции, такие как шаровые краны и дисковые затворы. Основная масса применяемой в настоящее время судовой арматуры – это изделия с линейным перемещением запорного органа, т.е. клапаны и задвижки. Рассмотрим дисковые затворы и краны шаровые, как арматуру с поворотным перемещением запорного органа и их преимущества перед первыми:

Затворы поворотные дисковые. По своей конструкции дисковый затвор представляет собой короткий отрезок трубы с запирающим или регулирующим

элементом в виде диска, поворачивающегося вокруг оси, расположенной перпендикулярно к оси прохода. Диск может быть плоским или двояковыпуклым (линзовым) чечевицеобразного сечения. Для герметизации применяются металлические или мягкие (резина, фторопласт) уплотнительные кольца. Дисковые затворы могут использоваться как запорная и как регулирующая арматура. В открытом положении диск устанавливается вдоль оси корпуса, создавая минимальное сопротивление потоку. В закрытом положении кромки диска соприкасаются с уплотнительными кольцами, которые могут располагаться в корпусе или на диске [3].



Затвор поворотный дисковый

На данный момент проектным подразделением завода «Армалит» разработана линейка дисковых затворов с электроприводом DN 50–1400, PN 6–25 кгс/см, предназначенных для применения в системах, обслуживающих энергетическую установку корабля, и общесудовых системах различного назначения, таких как осушительные, водоотливные, балластные, бытовые системы и пр.

Материалы затворов – бронза, углеродистая или нержавеющая стали; проводимые среды – воздух, вода морская, вода пресная, бытовые отходы, дизельное топливо, теплоносители; тип уплотнения – ламельное; тип присоединения к трубопроводу – межфланцевое, фланцевое, под приварку.

Преимущества дисковых затворов – малые габаритные размеры. Наиболее заметны отличия в размерах при сравнении затворов больших диаметров, так, высота затвора может быть меньше

в 2–3 раза. Ход запорного органа затвора равен 90° , что в случае с дистанционным управлением позволяет применять приводы с меньшей мощностью, что также сказывается и на уменьшении габаритных размеров;

– малый вес затворов. При широком применении затворов на проекте корабля общий вес арматуры может быть уменьшен в 3 раза;

– поворотный запорный орган обеспечивает низкий коэффициент гидравлического сопротивления, который в случае с затворами разработки АО «Машиностроительный завод «Армалит» равен не более 1,5, в отличие от арматуры с возвратно-поступательным запорным органом, коэффициент которой равен 5–7. Длина затворов позволяет сократить общую длину трубопроводов системы, которая, в свою очередь, определяет величину гидравлического сопротивления, влияющего на мощность насосов в системе;

– компактная арматура с поворотным запорным органом, имея малые габариты, развивает существенно меньшую вибрационную амплитуду и частоту колебаний и способна противостоять более высоким нагрузкам, возникающим при вибрациях;

– снижение тепловых потерь. При применении затворов в системах с теплоносителем в силу все тех же меньших габаритов можно снизить тепловые потери, так как сама арматура является тепловым мостом, т. е. участком системы, на котором теплообменные процессы наиболее интенсивны.

В дополнение к информации о дисковых затворах следует отметить что, чем больше диаметр дискового затвора, тем эффективней его преимущества. Говоря же об арматуре, эффективной для применения на трубопроводах малых диаметров, которые составляют 80–90% от общего количества трубопроводных систем на корабле, следует рассмотреть краны.

Краны шаровые. Кран – тип арматуры, запирающий элемент которого, имеющий форму тела вращения со сквозным отверстием, поворачиваясь вокруг своей оси, изменяет расход среды за счет положения своих отверстий относительно проходных отверстий корпуса. Повороту запирающего или регулирующего элемента может предшествовать его возвратно-поступательное движение.

Краны могут использоваться в качестве запорных, регулирующих или распределительных устройств. Основными деталями крана являются корпус и запирающий или регулирующий элемент (пробка) в виде конуса, цилиндра или шара.

Краны, как и другие поворотные конструкции арматуры, требуют минимального объема для монтажа, простаты в управлении, обладают быстрым срабатыванием и создают относитель-



Кран шаровый

но небольшие искажения конфигурации потока. Падение давления в кране небольшое, поэтому они легко выполняются многоходовыми [3].

Сегодня машиностроительный завод «Армалит» может предложить собственные разработки кранов шаровых с ручным управлением и с управлением от электропривода, с DN 10–150, PN 16 кгс/см². Материалы кранов – бронза, латунь, нержавеющая сталь, титановые сплавы; проводимые среды делятся на три группы: среды без очистки и грубой очистки (отработанные среды) и очищенные среды, такие как вода морская, вода пресная, конденсат, дисциллят, вода с различными присадками, воздух, нефтепродукты, топлива, машинные масла; материал уплотнения – фторопласт; тип присоединения к трубопроводу – фланцевое, штуцерное, муфтовое, под приварку. По профилю проточной части краны делятся на: неполнопроходные (стандартнопроходные), полнопроходные. Наша фирма может предложить краны:

- для эксплуатации в машинных отделениях, бытовых отсеках или отсеках с аналогичным назначением с влажностью 100% при температуре 50°C ;
- для пребывания в пресной воде, конденсате и погружения в морскую воду не более 24 часов;
- для эксплуатации в непосещаемых трюмных отсеках с влажностью 100% при любых температурах или пребывании в морской воде более 24 часов;
- для эксплуатации в помещениях с наружным избыточным давлением не более 1 МПа (10 кгс/см²).

Кроме того, ряд кранов способен работать весь период службы в отсеках без системы осушения воздуха и отвода конденсата, при погружении в пресную

воду с избыточным давлением не более 0,1 МПа (1 кгс/см²).

Преимущества кранов:

- низкий коэффициент гидравлического сопротивления, который равен для полнопроходных 0,2, для неполнопроходных 0,7;
- небольшая высота (подразумеваются краны с ручным управлением);
- возможность безколдезной установки;
- простота формы проточной части обеспечивающая отсутствие застойных зон;
- краны с полнопроходным профилем проточной части обеспечивают возможность механизированной очистки трубопровода;
- малое время открытия, полное открытие происходит поворотом запорного органа на четверть оборота;
- низкие вибро-шумовые характеристики.

Деятельность нашей организации по разработке новой продукции успешно реализуется, во-первых, благодаря оснащению рабочих мест в КБ современными инструментами проектирования, такими как программный комплекс САПР, предназначенный для автоматизации работ на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Он совместим с программными комплексами по проектированию кораблей, в которых работают проектные организации судостроительной отрасли, что в настоящее время особенно важно для ведения полноценного диалога между проектантом корабля и разработчиком комплектующих изделий. Во-вторых, это стало возможно благодаря наличию конструкторской школы, обеспечивающей на каждой стадии разработки нового продукта синергетический эффект как результат системной работы, накопленных знаний по проектированию, производству, эксплуатации и ремонту арматуры, и потенциала талантливых конструкторов.

Строго выстроенная последовательность действий на каждом этапе разработки изделий позволяет сократить сроки и ресурсы проектирования. Следует отметить, что заложенные в конструкцию кранов принципы унификации открывают возможность для расширения их линейки по номинальному диаметру до DN300, а по номинальному давлению до PN 4,0 МПа (40 кгс/см²). Это в целом согласуется с процессами унификации в отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашанский М. С. Судовая арматура, 1975.
2. Костылев И. И. Судовые системы, 2010.
3. Шпаков О. Н. Трубопроводная арматура, Справочник специалиста, 2014. ■

В статье «Четвертьоборотный электропривод на основе четырехзвенного механизма», опубликованной в журнале «Морской вестник», выпуск №4 (56), 2015 г. была рассмотрена возможность создания малошумного четвертьоборотного электропривода. Три года назад на ОАО «Системы управления и приборы» была передана документация для изготовления и сервисного обслуживания электроприводов на основе вентильно-индукторных двигателей для насосных агрегатов, отвечающих заданным требованиям по ВШХ.

Первые изготовленные по этой документации образцы электроприводов не соответствовали заданным требованиям, в связи с чем был проведен анализ источников вибраций и величины влияния этих источников на уровень вибраций. Повышенный уровень вибраций был выявлен:

- на резонансной частоте опор;
- на оборотной частоте;
- на частоте вращающего электромагнитного поля;
- на подшипниковой частоте.

Рассмотрим подробнее. *Резонансная частота опор* – это низкие, до 20 Гц частоты, колебания на которых зависят от конструкции крепления электропривода к насосному агрегату и насосного агрегата на объекте. Легко убирается за счет выбора опор с другими параметрами.

Оборотная частота – это частота вращения вала электропривода. Так как вибрация – это механический колебательный процесс, характеризующийся постоянным воздействием силы, вектор которой имеет периодический вид, вращающийся вал является идеальным источником вибраций. До тех пор, пока вал вращается, он будет вибрировать, и можно лишь уменьшить амплитуду вибраций за счет балансировки вращающихся частей.

Частота вращающего электромагнитного поля. Преобразование электрической энергии в механическую в электродвигателях происходит за счет создания вращающегося электромагнитного поля в статоре, следом за которым вращается ротор. Вращающееся же магнитное поле создается путем создания гармонически колеблющегося вектора магнитной индукции в зубцах статора, генерирующегося периодически изменяющимся напряжением в обмотках. Частота переменного напряжения и определяет частоту вибраций, связанной с вращающимся электромагнитным полем. Частота вращения вала напрямую связана с частотой переменного напряжения (частотой перемагничивания), кратность этой связи зависит от конструкции электродвигателя, и обычно она в два, четыре или восемь раз ниже частоты перемагничивания. Амплитуда этих вибраций зависит только от выбранных схемотехнических и конструкторских решений и алгоритма

управления электродвигателем, и после изготовления не поддается уменьшению.

Подшипниковая частота. Вибрации, связанные с колебаниями тел качения в подшипниковых узлах, зависят от частоты вращения вала, типа подшипника и конструкции подшипниковых узлов. Уменьшение вибраций после изготовления возможно путем подгонки необходимых уплотнений для обеспечения необходимого усилия сжатия подшипника.

Таким образом, уменьшение уровня вибраций электродвигателя возможно за счет балансировки вращающихся частей, изменения алгоритма управления электродвигателем и применения необходимых конструкторских и схемотехнических решений.

Анализ показал, что наибольшие уровни вибраций наблюдаются на частоте вращения вала и на частоте перемагничивания статора. Однако вибрации, связанные непосредственно с вращением вала, можно существенно снизить за счет балансировки, поэтому наибольшую угрозу при проектировании малошумных электродвигателей представляют вибрации, связанные с перемагничиванием статора. Они имеют наибольшую амплитуду и в случае использования вентильно-индукторных электродвигателей, практически не поддаются корректировке за счет изменения алгоритмов управления и формы токов в статоре.

Опыт изготовления и испытаний позволил определить основные требования к электродвигателю при проектировании малошумных электроприводов – низкая номинальная частота вращения и возможность применения различных алгоритмов управления.

Выбор редуктора. Основными задачами при проектировании малошумного электропривода поступательного движения были малошумность, компактность, надежность и простота конструкции. Все это достигается уменьшением количества узлов и деталей, отвечающих за преобразование движения. Однако, если при применении поворотного привода была возможность использовать электродвигатель без редуктора, то при использовании прямоходного такая возможность отсутствует. Это связано с тем, что хоть и известны электродвигатели поступательного движения, в них конструктивно не реализована возможность самоторможения и удержания положения, которая является ключевым требованием к прямоходным

приводам запорной арматуры. Необходимо использовать дополнительные узлы, существенно усложняющие конструкцию и увеличивающие габариты привода, что противоречит поставленным задачам. Таким образом, необходим редуктор, обеспечивающий самоторможение, имеющий минимальные вибрации при работе и обладающий достаточной компактностью. Всем этим требованиям удовлетворяет обычная винтовая передача.

Выбор электродвигателя. Проанализировав опыт изготовления и испытаний вентильно-индукторных электродвигателей, стало понятно, что вентильно-индукторный электродвигатель не подходит, и мы снова пришли к выводу, что, как и в случае с поворотным электроприводом, необходимо использовать вентильный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов. Основные идеи и принципы проектирования электродвигателя содержатся в упоминаемой статье («Морской вестник», 2015, №4 (56)).

Исходя из изложенного, получаем простое конструкторское решение – необходим электродвигатель в едином корпусе с редуктором; гайка винтовой передачи должна быть расположена непосредственно на роторе электродвигателя, а ось вращения электродвигателя совпадать с осью движения винта.

Для отработки выбранного решения и создания электропривода были выбраны следующие параметры:

- максимальное усилие – 30 кН;
- минимальное время перевода – 1 с;
- ход штока электропривода – 15 мм;
- напряжение питания – 175–320 В, постоянное;
- минимальные масса и габариты.

Была построена модель, проведены необходимые расчеты и разработана конструкторская документация. Электропривод в разрезе представлен на рис. 1, фотография – на рис. 2.

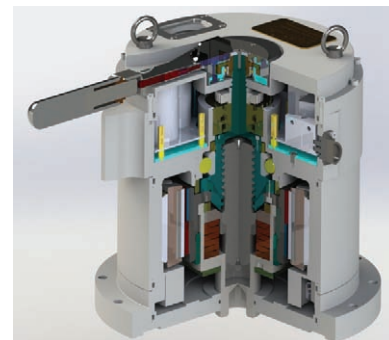


Рис. 1. Электропривод в разрезе

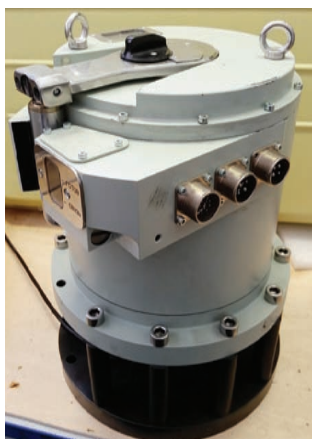


Рис. 2. Внешний вид электропривода

Для проверки основных параметров был изготовлен простейший стенд, включающий в себя опору, на которой закреплен тензодатчик. Шток электропривода, доезжая до датчика, давит на него с усилием, ограниченным потребляемым током электропривода, при этом на датчиком фиксируется максимальное усилие.

Испытания показали, что при ограничении потребляемого тока 12 А максимальное усилие составляет 30 517 Н.

Измерения виброшумовых характеристик проводилось в трех направлениях: два перпендикулярно направлению движения штока, сдвинутые относитель-

но друг друга на 90°, и одно параллельно направлению движения штока. Измерения проводились в третьооктавном диапазоне от 10 Гц до 10 кГц. Результаты измерений приведены на рис. 3–5.

Параметры изготовленного электропривода приведены ниже.

Параметр	Значения
Макс. развиваемое усилие, кН	30
Миним. время срабатывания, с	1
Рабочий ход штока, мм	15
Режим работы	Повторно-кратковременный
Интерфейс связи	CAN (RS-485, 4-20 мА)
Точность позиционирования, мм	±0,05
Питание, В	175..320



Рис. 5. Уровни вибраций в направлении, параллельном направлению движения штока

Потребляемая мощность в режиме ожидания, Вт	10
Потребляемый ток при макс. усилие, А	12
Степень защиты	IP68
Габаритные размеры, мм	264x264x267
Масса, кг	35

Установочно-присоединительные размеры приведены на рис. 6.



Рис. 3. Уровни вибраций в направлении, перпендикулярном направлению движения штока



Рис. 4. Уровни вибраций в направлении, перпендикулярном направлению движения штока и сдвинутым на 90°

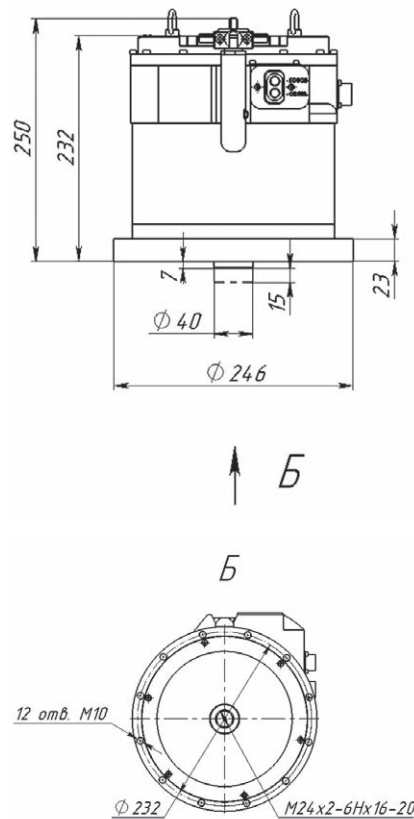


Рис. 6. Установочно-присоединительные размеры

В дальнейшем планируется проведение испытаний электроприводов поворотного и поступательного движения в составе соответствующей аппаратуры. ■

Гидроакустические системы подводного позиционирования, предназначенные для определения координат подводных объектов по сигналам установленных на этих объектах гидроакустических маяков-ответчиков, находят все более широкое применение при проведении научно-исследовательских, поисковых, геолого-разведочных, аварийно-спасательных и иных видов работ, требующих постоянного слежения за пространственным положением и перемещением подводных объектов. К объектам слежения могут относиться, например, подводные аппараты (автономные и буксируемые), а также персонал, механизмы и системы специального назначения, используемые для выполнения соответствующих подводных миссий (рис. 1).

ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДВОДНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Д.Е. Лейкин, канд. физико-математ. наук, старший науч. сотрудник,
С.Е. Новиков, начальник отдела,
АО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. +7 (495) 777 8117 внутренний номер 149, +7 (495) 365 6487

актуальность разработки отечественных навигационных систем подводного позиционирования, сопоставимых по техническим характеристикам с серийно выпускаемым за рубежом оборудованием. Настоящая статья посвящена ра-

с ультракороткой базой в полной мере проявляются на небольших горизонтальных расстояниях, например, в условиях, когда акустическая видимость находящихся у дна маяков лимитируется его рельефом и (или) рефракцией звука. Принцип работы навигационной системы «Навля» заключается в определении пеленга и дальности по наблюдаемым значениям углов и времен прихода сигналов от установленных на объектах слежения маяков-ответчиков. Приемная антенна системы с УКБ имеет сложную конструкцию, поскольку для правильной интерпретации принимаемых сигналов необходим учет ориентации антенны, определяемой по сигналам от датчиков ее пространственного положения.

В состав гидроакустической навигационной системы подводного позиционирования (ГНСПП) «Навля» входят (рис. 2): бортовая гидроакустическая антенна 1 (БГА), предназначенная для приема сигналов гидроакустических маяков-ответчиков и передачи маякам команд по акустическому каналу связи, устройство погружения БГА под воду, гидроакустические маяки-ответчики 2 (ГМО), оборудованные датчиками давления 3, а также дополнительное оборудование, включающее датчик для измерения скорости звука в воде, устанавливаемый в районе размещения БГА, GPS-компас, обеспечивающий возможность преобразования наблюдаемых значений координат объектов слежения в географические, одноплатный бортовой компьютер 4 PC-104, используемый для обработки навигационных данных, прибор управления и индикации 5 (PC), выполненный на базе лэптопа и используемый для управления режимами работы системы и отображения навигационных данных, электрический кабель для соединения 6 БГА с бортовым компьютером, а также комплект программного обеспечения.

На рис. 3 показана структурная схема, на которой обозначены основные узлы и блоки, а также функциональные связи, позволяющие получить представление о принципе работы системы. Гидроакустические маяки-ответчики

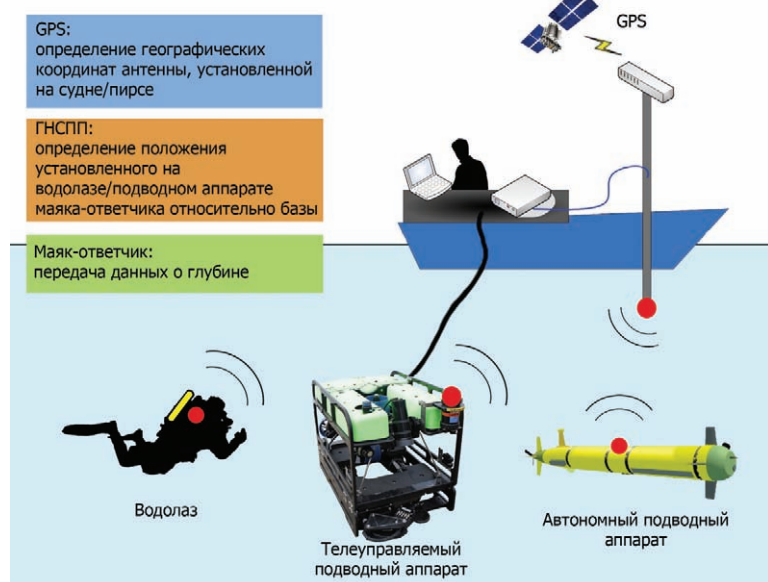


Рис. 1. Объекты слежения

За последние годы зарубежными компаниями был создан целый ряд гидроакустических навигационных устройств на ультракороткой базе, к которым относятся, например, Posidonia [1] и система TrackLink 1500 USBL [2], выбранная в качестве прототипа описываемой разработки. Входящие в состав гидроакустических навигационных систем гидроакустические маяки-ответчики серийно выпускаются в США, Канаде, Англии, Франции, Норвегии, Японии и предназначены для решения задач навигационного обеспечения любых видов подводных работ с возможностью выбора параметров устройства в зависимости от требований к глубине эксплуатации, сроку службы, частотному диапазону и мощности излучаемого сигнала.

Заметное отставание отечественных технологий в области гидроакустической навигации, а также существование факторов, ограничивающих возможность импорта, определяют

ботам по созданию отечественной системы подводного позиционирования на ультракороткой базе (УКБ) «Навля», проведенным АО ЦНИИ «Курс» в кооперации с ФГУП ОКБ ОТ РАН.

Цель работы заключалась в создании опытного образца системы подводного позиционирования, предназначенной для определения в режиме реального времени географических координат подводных объектов (одновременно до десяти единиц), а также для слежения за пространственными перемещениями каждого из этих объектов. Работа выполнялась в рамках мероприятия «Навигация-4» Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.».

Системы с ультракороткой базой эффективны для решения задач позиционирования подводных объектов, расстояния до которых не превышают 3 км, а глубины – 2 км. Основные преимущества навигационных систем

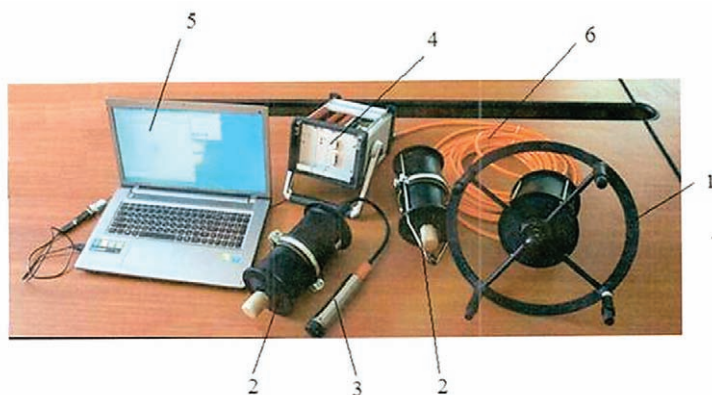


Рис. 2. Гидроакустическая навигационная система подводного позиционирования «Навля»

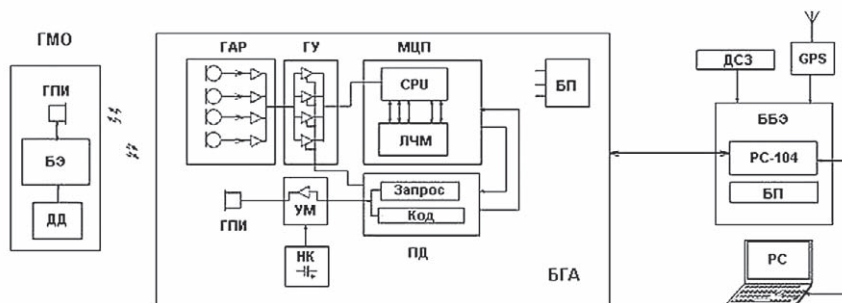


Рис. 3. Структурная схема работы системы

(ГМО) представляют собой автономные устройства, излучающие акустические сигналы специального вида в ответ на сигналы запроса от БГА. Координаты объекта определяются по измерениям задержки и направления прихода сигнала от установленного на этом объекте ГМО. В состав ГМО входят: приемоизлучающая гидроакустическая антенна (ПИ), предназначенная для преобразования акустических сигналов в электрические и обратно, блок электроники (БЭ), осуществляющий прием, усиление и интерпретацию передаваемых с судна по гидроакустическому каналу связи кодированных последовательностью частот сигналов запроса и других команд, а также формирование сигнала «Ответ» и частотное кодирование телеметрических данных о текущей глубине погружения ГМО, поставляемых датчиком давления (ДД).

В состав бортовой гидроакустической антенны (БГА) входят: гидроакустическая антенная решетка (ГАР), предназначенная для измерения направления и времени прихода сигналов от маяков-ответчиков и состоящая из четырех гидроакустических приемни-

ков со встроенными предварительными усилителями (ПУ), гидроакустический приемоизлучатель (ГПИ), предназначенный для передачи и приема информационных сигналов по гидроакустическому каналу связи, и блок электроники, состоящий из многоканальной системы приема и обработки данных, а также модулей формирования и передачи служебных сигналов. В состав блока электроники входит шесть модулей: усилитель мощности (УМ), модуль гидрофонных усилителей (ГУ), модуль приемника данных (ПД), модуль центрального процессора (МЦП), модуль накопительных конденсаторов (НК), и блок питания (БП). Бортовая гидроакустическая антенна системы состоит из четырех элементов, расположенных по окружности.

Расстояние между соседними приемниками составляет семь длин волн (примерно 0,35 м), что при входном соотношении сигнал/шум 10 дБ обеспечивает точность измерений углов не хуже 0,2°. Для устранения неоднозначности пеленга, которая возникает при использовании фазового метода, в разработке используется комбинирован-

ный алгоритм, в котором в дополнение к определению разности фаз на элементах БГА измеряется разность задержек распространения с использованием широкополосного сигнала с V-ЛЧМ модуляцией. Соответственно, сигнал позиционирования ГМО, используемый приемной системой для определения направления и расстояния до объекта, состоит из двух импульсов длительностью 10 мс каждый. Первый импульс представляет собой тональный сигнал и предназначен для измерения разности фаз на приемных элементах БГА. Следующий за ним импульс модулирован по частоте и занимает полосу шириной 10 кГц, что обеспечивает измерение задержек распространения с достаточной для устранения неоднозначности пеленга точностью.

ВЫВОДЫ

Испытания опытного образца гидроакустической навигационной системы подводного позиционирования «Навля» подтвердили соответствие ее технических характеристик расчетным значениям: наклонная дальность позиционирования – до 1500 м, рабочая глубина ГМО – до 700 м, количество объектов слежения – 10, точность определения расстояния – 1,5% от дальности, точность определения пеленга – 0,8°, диапазон рабочих частот – (25÷45) кГц, диапазон рабочих температур – от –2 °С до +50 °С, диапазон измеряемых глубин от 0 до 700 м, шаг измерения глубины – 1,0 м, продолжительность работы маяка-ответчика в дежурном режиме – 30 сут.

Перспективы совершенствования описанной системы подводного позиционирования связаны с решением вопросов о необходимости усовершенствования отдельных эксплуатационных характеристик изделия с целью обеспечения его постановки в производство. Данная система может заместить ГНСПП иностранного производства с аналогичными характеристиками и использоваться в навигационных комплексах обитаемых и необитаемых подводных аппаратов, а также в системах обеспечения подводно-технических и иных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. IXBlue // IXBlue.com / Products Posidonia.
2. LinkQuest Inc. // Link-Quest.com/html/TrackLink_1500.htm

Повышение эффективности функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) остается актуальной проблемой и в современных условиях. Одним из возможных путей решения этой проблемы является поиск и использование новых видов информационных сигналов. В научной литературе достаточно подробно описаны свойства сверхширокополосных (СШП) сигналов – сверхкоротких видеоимпульсов, длительность которых составляет единицы наносекунд [1]. Подобные сигналы позволяют повысить помехоустойчивость РЭС, эффективно решать вопросы электромагнитной совместимости, обеспечивать скрытность работы и т. п.

В последние годы СШП сигналы нашли успешное применение в различных технических приложениях:

– в телекоммуникации – устройства высокоскоростной передачи данных как для работы внутри помещений, так и для связи на значительные расстояния [2];

– в радиолокации – с применением СШП становится возможным обеспечить получение изображений скрытых объектов, например, решить задачи «видения» сквозь стены или грунт на расстояниях от единиц до сотен метров и задачи распознавания объектов;

– при решении задач позиционирования – возможность измерения расстояний с точностью до сантиметров, что позволяет использовать СШП сигналы для определения местоположения различных объектов, дистанционного управления транспортными средствами и промышленными роботами [3].

Перечисленные выше области использования СШП сигналов слишком обширны, в данной работе рассматривается одна частная задача – обнаружения пачек СШП сигналов, обсуждаются вопросы особенностей приема подобных сигналов и особенности расчета характеристик обнаружения, поскольку эти вопросы всегда возникают при практическом использовании СШП сигналов во всех перечисленных выше областях их применения.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИЕМНИКА СШП СИГНАЛА

Структурная схема приемника СШП сигналов приведена на рис. 1. При появлении СШП сигнала возрастает энергия в достаточно широком диапазоне частот. В работе [4] предложено разделить этот диапазон полосовыми фильтрами на несколько поддиапазонов и контролировать уровень сигнала в каждом поддиапазоне отдельно. При одновременном увеличении энергии в этих поддиапазонах принимается решение о наличии в этот момент СШП сигнала, т. е. фиксируется его обнаружение.

Из схемы видно, что приемник состоит из n каналов, отличающихся только центральными частотами полосовых фильтров $f_1, f_2, f_3, \dots, f_m$, остальные блоки для всех каналов одинаковы. Поскольку полосы фильтров также одинаковы, при равенстве

ЦИФРОВЫЕ ОБНАРУЖИТЕЛИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., первый зам. ген. директора по науке, ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
Д.А. Шенета, канд. техн. наук, доцент ИФ ГУАП,
А.М. Махлин, инженер 1-й категории, аспирант СПб ГУАП,
А.Ю. Каплин, канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО «Радиоавионика»,
 контакт. тел. +7 (921) 982 9752, +7 (921) 790 3187, (812) 271 6774

спектральной плотности шумов в каждом из каналов мощности шумов будут равны. При практической реализации подобной схемы этого всегда можно добиться путем введения в каждом канале автоматической регулировки усиления (АРУ).

Результаты математического моделирования одного из каналов вышеописанной схемы приведены на рис. 2. На рис. 2, а показаны исходные импульсы длительностью 1 нс, поступающие на вход широкополосного приемника, на рис. 2, б – те же импульсы на выходе полосового фильтра с шириной полосы 35 МГц, на рис. 2, в – импульсы после амплитудного детектирования.

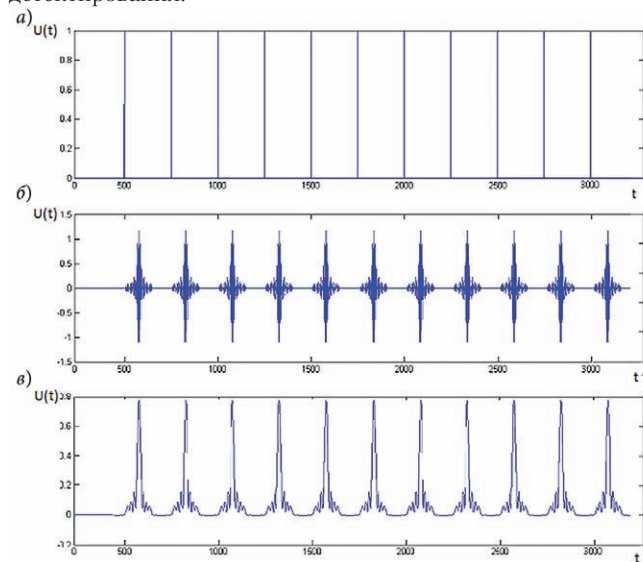


Рис. 2. Эюры сигналов в разных точках схемы: а – исходная импульсная последовательность; б – импульсы на выходе полосового фильтра; в – импульсы на выходе амплитудного детектора

Вышеописанный метод приема СШП сигналов неоптимален. В данной ситуации, как известно, оптимальным алгоритмом обработки пачки сигналов будет простое накопление сигнала [5] без использования полосовых фильтров. Однако подобное накопление СШП импульсов требует использова-

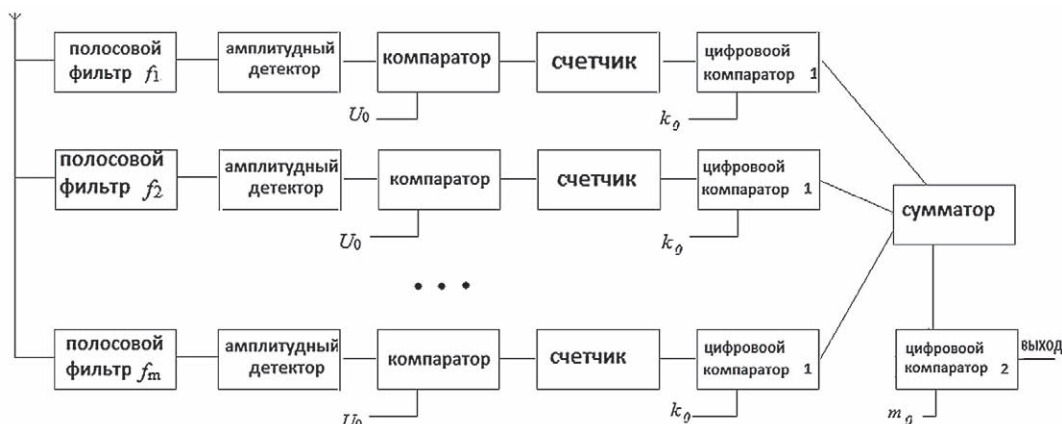


Рис. 1. Структурная схема приемника сверхширокополосного сигнала

ния очень дорогостоящих элементов и критично к технологии выполнения схемы. Предлагаемое же решение обладает технологическим преимуществом – короткий видеоимпульс, попадая в полосовой фильтр, превращается в достаточно широкий радиоимпульс, огибающую которого после детектирования можно регистрировать с помощью компаратора или АЦП со средним быстродействием, что не только упрощает технологию изготовления таких устройств, но и существенно улучшает экономические показатели приемника.

Дальнейшая обработка могла бы заключаться в накоплении сигнала в каждом из каналов с последующим использованием «метода голосования» по совокупности обнаружения сигнала в канальных обнаружителях. Подобная обработка была бы оптимальной канальной обработкой. Однако известно, что при бинарном квантовании сигнала с последующим использованием критерия « k из n » проигрыш в отношении сигнал/шум не превосходит 1,5–2,0 дБ [6], т.е. критерий « k из n » является простым и достаточно эффективным. Кроме того, вместо использования «метода голосования» при межканальной обработке можно опять же воспользоваться критерием « k из n ». При таком подходе мы и получаем схему приемника-обнаружителя СШП сигналов, приведенную на рис. 1. На рис. 3 показаны эпюры напряжения в одном из каналов после амплитудного детектирования.

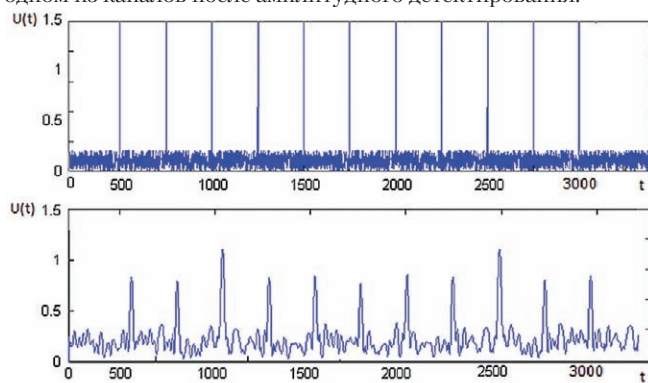


Рис. 3. Результат моделирования работы схемы в условиях шумов

После детектирования импульсы с амплитудой больше U_0 (порог компаратора) регистрируются аналоговым компаратором, и бинарная последовательность, состоящая из «0» и «1» с его выхода, подается на счетчик, цифровой сигнал которого поступает на цифровой компаратор. Если число импульсов в счетчике меньше n_0 – порога цифрового компаратора, то на его выходе появляется «0», в противном случае – «1». Затем полученные «0» и «1» всех каналов суммируются в сумматоре и сравниваются с порогом m_0 , в случае его превышения цифровой компаратор вырабатывает «1» – обнаружен СШП сигнал или «0» – СШП сигнал не обнаружен.

РАСЧЕТ ЛОЖНЫХ ТРЕВОГ И ВЕРОЯТНОСТИ ПРАВИЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

При расчете вероятности ложных тревог $F_{лп}$ и вероятности правильного обнаружения СШП сигнала $P_{по}$ можно воспользоваться традиционной методикой расчета характеристик цифрового обнаружителя, использующего известный критерий « k из n » [6]. При этом, конечно, нужно учесть особенности предложенного устройства обнаружения, а именно его частотную многоканальность.

Итак, пусть обнаруживается пачка из n СШП импульсов, а рассматриваемый обнаружитель содержит m частотных каналов. В традиционной методике предполагаются известными статистические характеристики шума – нормальный белый шум с заданной спектральной плотностью N и статистические характеристики информационного сигнала – плотность распределения вероятностей параметров, в частности максимального значения A_c .

При расчете характеристик схемы будем полагать, что все полосовые фильтры имеют равную ширину полосы пропускания Δf , и поэтому мощности шумов в каждом частотном канале будут равными $\sigma_w^2 = N\Delta f$.

Для принятой нормальной модели шумов распределение сигнала после амплитудного детектора подчиняется распределению Рэлея

$$f_w(U) = \frac{U}{\sigma_w^2} \cdot e^{-\frac{U^2}{2\sigma_w^2}}, U \geq 0. \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что вероятность появления «1» на выходе аналогового компаратора при наличии только шума равна

$$P_w = \int_{U_0}^{\infty} f_w(U) \cdot dU = \int_{U_0}^{\infty} \frac{U}{\sigma_w^2} \cdot e^{-\frac{U^2}{2\sigma_w^2}} dU = e^{-\frac{U_0^2}{2\sigma_w^2}}, \quad (2)$$

где U_0 – порог аналогового компаратора.

При появлении информационного сигнала на входе амплитудного детектора присутствует аддитивная смесь сигнала и шума, распределение вероятностей которой $f_{c+ш}(U)$ определяется через интеграл свертки соответствующих плотностей распределения. Вероятность появления «1» на выходе аналогового компаратора при наличии аддитивной смеси сигнала и шума равна

$$P_c = \int_{U_0}^{\infty} f_{c+ш}(U) \cdot dU. \quad (3)$$

На рис. 4 приведены плотности распределения вероятностей принимаемого сигнала после амплитудного детектирования. Вероятности P_w и P_c равны соответствующим площадям под кривыми распределения при этом $P_w < P_c$, т.е. вероятность получения «1» на выходе детектора при наличии информационного сигнала всегда больше вероятности получения «1» при наличии на входе только шума.

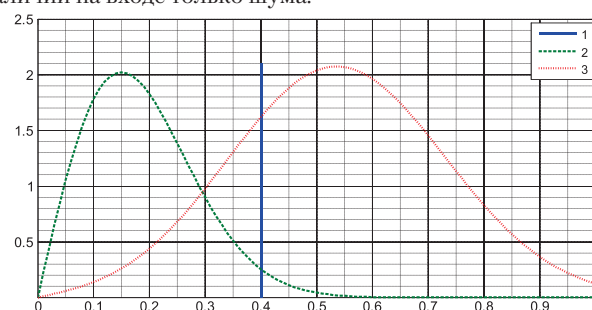


Рис. 4. Плотности распределения вероятностей принимаемого сигнала после амплитудного детектирования 1 – порог аналогового компаратора; 2 – плотность вероятности распределения шума; 3 – плотность вероятности распределения суммы сигнала и шума

В качестве математических моделей информационного сигнала часто принимают модель стабильной, нефлюктуирующей (или «дружно флюктуирующей») по амплитуде A_c пачки импульсов, и шумоподобной пачки импульсов, со среднеквадратическими амплитудами σ_c [7]. Для этих случаев соответствующие распределения на выходе амплитудного детектора определяются выражениями:

– для нефлюктуирующей («дружно флюктуирующей») пачки сигнала

$$f_{c+ш}(U) = \frac{U}{\sigma_w^2} \cdot e^{-\frac{(U^2 + A_c^2)}{2\sigma_w^2}} \cdot I_0\left(\frac{UA_c}{\sigma_w^2}\right), \quad (4)$$

где $I_0\left(\frac{UA_c}{\sigma_w^2}\right)$ функция Бесселя нулевого порядка;

– для шумоподобной пачки импульсов

$$f_{c+ш}(U) = \frac{U}{\sigma_w^2 + \sigma_c^2} \cdot e^{-\frac{U^2}{2(\sigma_w^2 + \sigma_c^2)}}. \quad (5)$$

Величина P_c вычисляется численно по формуле (3), а для выражения (5) легко получить аналитическую формулу для P_c :

$$P_c = \int_{U_0}^{\infty} f_{c+ш}(U) dU = \int_{U_0}^{\infty} \frac{U}{\sigma_w^2 + \sigma_c^2} \cdot e^{-\frac{U^2}{2(1+p^2)}} dU = e^{-\frac{U_0^2}{2(\sigma_w^2 + \sigma_c^2)}}. \quad (6)$$

Вероятность ложной тревоги $P_{лт}^*$ для каждого частотного канала может быть вычислена по выражению

$$P_{лт}^* = \sum_{l=n_0}^n C_n^l P_{шт}^l (1 - P_{шт}^*)^{n-l}, \quad (7)$$

где $n_0 = E(1, 5\sqrt{n} + 0, 5)$ рекомендованное значение порога цифрового компаратора [6]; $E(.)$ – функция Антье.

Аналогичную формулу получаем и для вероятности правильного обнаружения $P_{по}^*$ каждого канального обнаружителя

$$P_{по}^* = \sum_{l=n_0}^n C_n^l P_{сг}^l (1 - P_{сг}^*)^{n-l}. \quad (8)$$

Вероятность ложной тревоги $P_{лт}$ для всей схемы вычисляется по выражению (7) при замене в нем $P_{шт}$ на $P_{шт}^*$, замене n на m и цифрового порога n_0 на $m_0 = E(1, 5\sqrt{m} + 0, 5)$

$$P_{лт} = \sum_{l=m_0}^m C_m^l P_{шт}^{*l} (1 - P_{шт}^*)^{m-l}. \quad (9)$$

Заменяя в выражении (9) $P_{сг}$ на $P_{по}^*$, получаем вероятность правильного обнаружения сигнала

$$P_{по} = \sum_{l=m_0}^m C_m^l P_{по}^{*l} (1 - P_{по}^*)^{m-l}. \quad (10)$$

Выражения (2)–(10) позволяют рассчитать характеристики обнаружения СШП сигналов, принимаемых и обрабатываемых приемником–обнаружителем, схема которого, приведенная на рис. 1, фактически является цифровой модификацией схемы, приведенной в [4]. Однако подобная модификация в отличие от приемника из работы [4] позволяет видоизменить обработку принятой пачки импульсов, а именно изменить последовательность вторичного алгоритма обработки.

В [4] проводится обнаружение сигнала в каждом частотном канале, а затем делается вывод о наличии информационного сигнала на входе приемника по числу каналов, в которых обнаружены импульсы. При этом обработка сигналов в частотных аналоговых каналах с помощью согласованных фильтров фактически является оптимальной. Обнаружение сигнала на входе приемника по числу каналов, в которых обнаружен сигнал, представляет собой неоптимальную цифровую процедуру обнаружения, для которой известно, что потери не слишком высоки, порядка 1,5–2,0 дБ. Подобное решение часто используется на практике, поскольку указанная цифровая процедура обнаружения достаточно устойчива к изменению условий обнаружения, в частности, к изменениям статистических характеристик входных сигналов.

В представленной работе межканальная обработка такая же, как и в работе [4], а обработка в каждом частотном канале аналогична межканальной – неоптимальная, но устойчивая к изменениям статистических характеристик входных сигналов (цифровая обработка с малыми потерями). В этом случае последовательность вторичной обработки может быть изменена – сначала происходит обнаружение сигнала по числу превышений порога компаратора во всех частотных каналах при приеме одного импульса, а затем накопление пачки импульсов. Подобная схема будет иметь и технологические преимущества при ее практическом выполнении, обсуждение которых выходит за рамки представленной работы.

При указанном выше подходе – изменении вторичной обработки – расчет характеристик обнаружения проводится аналогично. Выражения (2) – (6) остаются без изменения.

Вероятность ложной тревоги $P_{лт}'$ при обнаружении одного импульса в частотных каналах вычисляется по выражению

$$P_{лт}' = \sum_{l=m_0}^m C_m^l P_{шт}'^l (1 - P_{шт}')^{m-l}, \quad (11)$$

где $m_0 = E(1, 5\sqrt{m} + 0, 5)$, $E(.)$ – функция Антье.

Вероятность правильного обнаружения $P_{по}'$ одного импульса в частотных каналах

$$P_{по}' = \sum_{l=m_0}^m C_m^l P_{сг}'^l (1 - P_{сг}')^{m-l}. \quad (12)$$

Вероятность ложной тревоги $P_{лт}$ для всей схемы вычисляется по выражению

$$P_{лт} = \sum_{l=n_0}^n C_n^l P_{лт}'^l (1 - P_{лт}')^{n-l}, \quad (13)$$

где $n_0 = E(1, 5\sqrt{n} + 0, 5)$, $E(.)$ – функция Антье.

Вероятность правильного обнаружения сигнала

$$P_{по} = \sum_{l=n_0}^n C_n^l P_{по}'^l (1 - P_{по}')^{n-l}. \quad (14)$$

Из приведенных выражений следует, что при $m = n$ характеристики обнаружения обеих схем совпадают. При $m < n$ характеристики обнаружения, рассчитанные по выражению (14), идут выше характеристик, рассчитанных по выражению (10), т. е. частотная обработка для каждого импульса, а затем накопление импульсов пачки лучше обработки, осуществляемой в схеме, приведенной на рис. 1. Если же $m > n$, то наблюдается обратная картина. Таким образом, отвлекаясь от технологического сравнения двух рассматриваемых способов цифровой обработки сигналов, можно сделать вывод: когда количество частотных каналов превосходит количество импульсов в пачке СШП сигналов, предпочтительной схемой является накопление сигналов в каждом канале с последующей межканальной обработкой. В том случае, когда количество импульсов в пачке больше числа частотных каналов, предпочтительнее обработка межканальная с последующим накоплением сигнала.

ВЫВОДЫ

Предложена схема приемника–обнаружителя сверхширокополосных сигналов, содержащая m частотных каналов, в каждом из которых при обнаружении пачки из n СШП импульсов используется известный критерий « n_0 из n ». Решение о присутствии на входе информационного сигнала принимается по критерию « m_0 из m » при обработке сигналов обнаружения в каждом из частотных каналов. Приведены выражения, позволяющие рассчитывать характеристики приемника–обнаружителя и расчетные кривые обнаружения для некоторых частных случаев. Операции обнаружения « n_0 из n » и « m_0 из m » реализованы в виде математической модели, результаты математического моделирования приведены в виде эпюр сигналов напряжений, поясняющих работу обнаружителя.

Операции обнаружения « n_0 из n » и « m_0 из m » в предложенной схеме переставимы. Возможен вариант приемника–обнаружителя, работающего по алгоритму « m_0 из m » и затем « n_0 из n », т. е. сначала осуществляется обработка одного импульса во всех частотных каналах, а затем обнаружение при накоплении пачки. Приведены расчетные выражения и для такого варианта построения приемника–обнаружителя. Из расчетов следует, что при количестве частотных каналов m , превышающих количество импульсов в принимаемой пачке n , следует использовать алгоритм « n_0 из n » и « m_0 из m », а в том случае, когда количество частотных каналов меньше числа импульсов в пачке $m < n$, предпочтительнее критерий « m_0 из m » и « n_0 из n ». При равенстве $m = n$ по характеристикам обнаружения обе схемы эквивалентны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reed J. H. An Introduction to Ultra Wideband Communication Systems. – Prentice Hall, 2005.
2. Indoor UWB Communication System Final Project Design Report. – The State University of New Jersey, 2014.
3. Ultra Wideband Wireless Positioning Systems. – Faculty of Computer Science University of New Brunswick Fredericton, Canada, 2014.
4. Anis M., Tielert R. Design of UWB pulse radio transceiver using statistical correlation technique in frequency domain // Advances in Radio Science. – Vol. 5. – 2007. – P. 297–304.
5. Fontana R. J. Recent system applications of short-pulse ultra-wideband (UWB) technology, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2004. – Vol. 52. – № 9. – P. 2087–2104.
6. Клюев Н. Ф. Обнаружение импульсных сигналов с помощью накопителей дискретного действия. – М.: Сов. Радио, 1963.
7. Бажин С. А., Давидчук А. Г., Шенета А. П. Экспериментальные характеристики эхо-сигналов кораблей, наблюдаемых локаторами бортовых систем обработки информации // Информационно-управляющие системы. – 2005. – № 2. – С. 7–12. ■

Военный корабль – один из самых сложных технических сооружений. Он оснащен таким вооружением, поражающее действие которого представляет серьезную угрозу для технических средств и живой силы противника. Кроме того, как показывает многолетний мировой опыт использования военно-морских сил, применение современного вооружения создает реальную угрозу безопасности корабля-носителя этого вооружения. Сама же проблема заключается в возникновении вероятности пересечения траекторий движения, а значит, и соударения огневых средств, работающих по одной цели или нескольким при условии одновременного использования различных комплексов вооружения корабля (например, в случае боевого контакта с ударной группой противника). Кроме непосредственного соударения, влияние на собственные средства поражения может оказывать форс пламени стартового двигателя зенитной управляемой или крылатой ракеты, возникающий при выходе ракеты из пусковой установки, или ударные волны, характерные для артиллерийских комплексов. Так, при поражении крылатой ракеты артиллерийским снарядом, произошедшем в непосредственной близости от борта корабля, возможно разрушение ракеты вследствие взрыва ее боевой части, а также частичное повреждение планера, не связанное со взрывом боевой части ракеты. При развитии подобной ситуации наносится ущерб строго ограниченному на корабле безопасу, а главное, возникает опасность повреждения корабельных надстроек, антенных постов, радиоэлектронного оборудования и гибели личного состава, находящегося на открытых постах.

В целях исключения возникновения опасных ситуаций, связанных со взаимным влиянием огневых средств корабля, было выдвинуто предложение создать систему совместного безопасного применения оружия (ССПО). Основная задача ССПО – выдача запретов работы (стрельбы) тем или иным комплексам вооружения в соответствии с определенным алгоритмом. Данный алгоритм должен учитывать пространственные характеристики, а именно: расположение установок на корабле, углы их горизонтального и вертикального наведения при работе по цели; углы послестартового разворота ракет. При создании алгоритма учитывается ряд параметров, связанных со свойствами входящих в состав комплекса систем управления, такими как циклограммы работы, период предстартовой подготовки, и с особенностями используемых средств поражения, которые могут различаться даже в рамках одного комплекса вооружения (траектории и скорости на начальном

участке движения). Понятно, что принцип взаимодействия ССПО с сопрягаемыми системами полностью зависит от типа корабля, входящих в его состав комплексов вооружения, их взаимного расположения, диаграмм работы и иных характеристик. Иными словами, внутренняя структура системы совместного безопасного применения оружия жестко привязана к определенному проекту корабля с конкретным набором спецсредств, что непосредственно влияет на определение алгоритма ее функционирования. А от степени адекватности принятого алгоритма зависит эффективность использования вооружения и боевая устойчивость корабля.

Оборотной стороной работы систем, обеспечивающих совместное безопасное применение оружия, является временное отсутствие возможности использования спецсредств корабля по прямому назначению. Этот факт не является критичным для работы ударного ракетного и противолодочного оружия, но, безусловно, он влияет на качество предстартовой подготовки и процесс формирования залпа. Наиболее негативное воздействие запрет работы УРО или ПЛО оказывает на боевую эффективность применения ракетного оружия при его совместном использовании с несколькими кораблями. В случае использования средств противовоздушной обороны запреты, выданные ССПО, могут сильно сказаться как на эффективности работы самих средств ПВО, так и на боевой устойчивости корабля в целом. Проведенные расчеты показывают, что с увеличением времени задержки применения средств ПВО наблюдается снижение боевой устойчивости корабля. При определенных значениях времени задержки, которые могут быть необходимы для их реализации, исходя из тех или иных особенностей комплексов вооружения, боевая устойчивость падает до нуля. Такое снижение эффективности ПВО и боевой устойчивости надводного корабля при отражении ударов средств воздушного нападения недопустимо. Таким образом, встает вопрос уменьшения числа ситуаций, при которых вырабатывается запрет, и уменьшения времени его действия. Снижение боевых возможностей ударного оружия и комплексов противолодочной обороны

при выработке запретов ССПО допустимо в пределах 5%.

К основным принципам повышения эффективности применения комплексов вооружения надводного корабля при их взаимодействии с ССПО относятся, в первую очередь, уменьшение времени действия сигнала запрета и количества отрицательных факторов, влияющих на его формирование. К уменьшению времени действия запретов, вырабатываемых ССПО, могут привести:

- учет начальных скоростей средств поражения, используемых комплексами вооружения корабля: крылатых ракет, зенитных управляемых ракет, ракет ПЛО, артиллерийских снарядов, снарядов, выстреливаемых комплексами постановки помех. При этом исключаются столкновения средств поражения в непосредственной близости от корабля вследствие их разности по дальности;
- учет безопасных расстояний, на которых столкновение огневых средств и детонирование их боевых частей не приводит к поражению или повреждению конструкций корабля и потерям личного состава, находящегося на открытых боевых постах;
- уменьшение количественных значений факторов, приводящих к выработке ССПО запретов. Корректурой значений углов пересечения средств поражения в горизонтальной плоскости;
- учет факта пересечения средств поражения в непосредственной близости от корабля в двух плоскостях – горизонтальной и вертикальной;
- интегральный учет возможного пересечения траекторий полета средств поражения в непосредственной близости от корабля в трехмерном пространстве – по углу горизонтального наведения, по углу вертикального наведения и по дальности.

Решение вышеперечисленных задач позволяет значительно уменьшить отрицательное влияние запретов вырабатываемых ССПО и, тем самым, повышает боевую устойчивость надводных кораблей при комплексном применении собственного оружия.

В настоящее время помимо описанных задач, связанных с пересечением траекторий работы спецсредств и условно называемых «воздушными», системы

СТРЕЛЯТЬ РАЗРЕШАЕТСЯ СИСТЕМА СОВМЕСТНОГО БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРУЖИЯ

А.М. Тихоненко, канд. тех. наук, гл. инженер,
О.М. Rogov, вед. инженер, АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0300, 602 0364

совместного безопасного применения оружия решают ряд иных задач, к которым относятся:

- «палубные» – объединяют задачи, связанные с палубными ограничениями, обусловленными размещением комплексов вооружения, надстроек и различных устройств на палубе корабля;
- «приоритета» – объединяют задачи, обеспечивающие приоритетное использование выбранного вида оружия (ударное ракетное оружие, противовоздушная оборона, противолодочная оборона);
- обеспечение безопасности собственного вертолета в воздухе вблизи корабля или на взлетно-посадочной площадке при использовании корабельного вооружения;
- обеспечение безопасности личного состава, находящегося на взлетно-посадочной площадке, при использовании корабельного вооружения, расположенного в кормовой части корабля.

В список сопрягаемых с ССПО систем входит полный перечень устанавливаемых на корабле комплексов вооружения, включая ударные, зенитные, артиллерийские, постановки помех, за исключением переносных. Кроме того, ССПО имеют связи с боевыми информационными управляющими системами и включаются в сетевую структуру обмена данными корабля, реализуемую посредством различных интегрированных телекоммуникационных систем. В связи с наличием большего числа разнородных связей, система должна иметь развитые коммуникационные возможности, реализующие широкий диапазон интерфейсов – последовательных, параллельных, потенциальных.

Помимо заранее известных характеристик и особенностей применения огневых средств, имеющих на корабле, характеризующих углы наведения и послестартового разворота ракет, и параметров, получаемых в реальном времени, системы совместного безопасного применения оружия имеют в своем составе комплект датчиков углового положения, отслеживающих углы поворота артиллерийских, реактивных бомбометных и других установок.

Кроме своих основных функций, ССПО выполняют функции своеобразного «черного ящика», т.е. документирования информации о состоянии и применении вооружения корабля с привязкой к корабельному времени, что позволяет провести пост-анализ ситуаций, требующих наличия объективных данных.

Впервые решение проблемы обеспечения безопасности корабля-носителя, заключавшееся в идее создания ССПО, было предложено сотрудниками ЦКБ-54 Е.Л. Иоффе, И.Я. Карлсбру-

ном и А.Т. Голубевым. А первые системы подобного рода появились в СССР в 1958 г. Они были разработаны применительно к ракетным крейсерам пр. 58 и большим противолодочным кораблям пр. 61. Именно эти два проекта и стали отправной точкой развития систем совместного безопасного применения оружия. В дальнейшем практически все корабли оснащались ССПО.

Более чем за 58 лет работы коллектива разработчиков ССПО АО «НПФ «Меридиан» (является единственным разработчиком ССПО со времени их появления) были созданы четыре поколения таких систем. Каждое следующее поколение отличалось большей надежностью, конструктивными, техническими и технологическими улучшениями, а также меньшими массогабаритными характеристиками. В системах первого поколения в качестве элементной базы использовались в основном реле, полупроводники, приборы-датчики с механическими кулачками и фоторегистрирующая аппаратура типа РФК-5 (рис. 1) для документирования процесса работы системы. К первому поколению ССПО относятся следующие системы: «Блокировка-58» и ее модификации, «Блокировка-61» и ее модификации, «Салют», «Салют-А», «Сектор», «Створ», «Стопор», «Сегмент», «Сход», «Блокировка-16».

Второе поколение ССПО составляют системы: «Сатурн», «Сокол», «Синтез», «Стриж», «Совет», «Блокировка-15», «Блокировка-25», «Свирь-2», «Сплав», «Сбор», «Сегмент-ТР», «Секанс», «Сток», «Строб», «Свод», «Свет» и др. Применение в системах данного поколения микросхем, унифицированных модулей, вращающихся трансформаторов в приборах-датчиках и малогабаритных реле позволило значительно снизить количество и массогабаритные характерис-

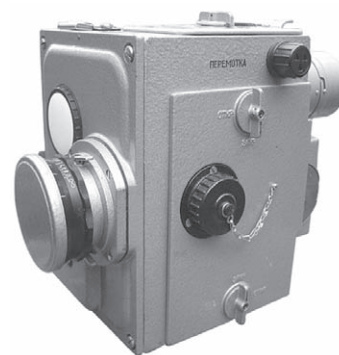


Рис. 1

тики приборов, а так же унифицировать связи с сопрягаемыми системами.

Представителями третьего поколения ССПО (рис. 2) являются системы «Блокировка-11356», «Блокировка-956», «Блокировка-17», «Сокол-Э», «Блокировка-3.9», «Блокировка-20380», «Блокировка-350», «Блокировка-21631», в состав которых впервые вошел прибор документирования информации, не использующий фоторегистрирующую аппаратуру для документирования процесса работы системы, что позволило не только отказаться от применения морально устаревшей регистрирующей фотокамеры РФК-5, но и реализовать на базе данного прибора такие важные функции, как сохранение информации о пусках и опасных ситуациях (событиях) на съемный носитель, а также ее вывод на печатающее устройство (по требованию заказчика) для последующего анализа.

В 2015 г. сотрудниками АО «НПФ «Меридиан» была разработана ССПО четвертого поколения (рис. 3). Новое поколение систем реализовано на современной элементной базе с применением микропроцессорной техники и цифровыми каналами передачи данных. ССПО четвертого поколения планируется устанавливать на всех новейших кораблях,

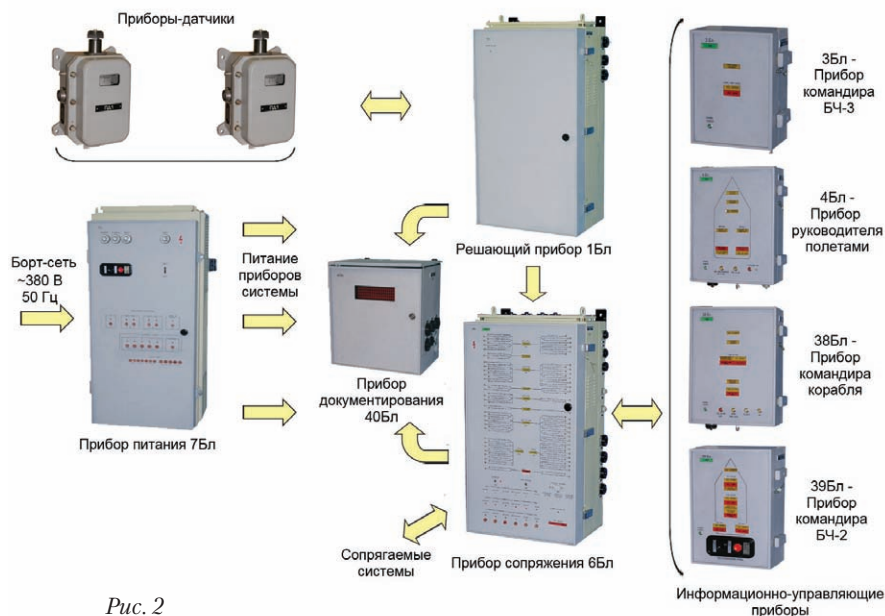


Рис. 2

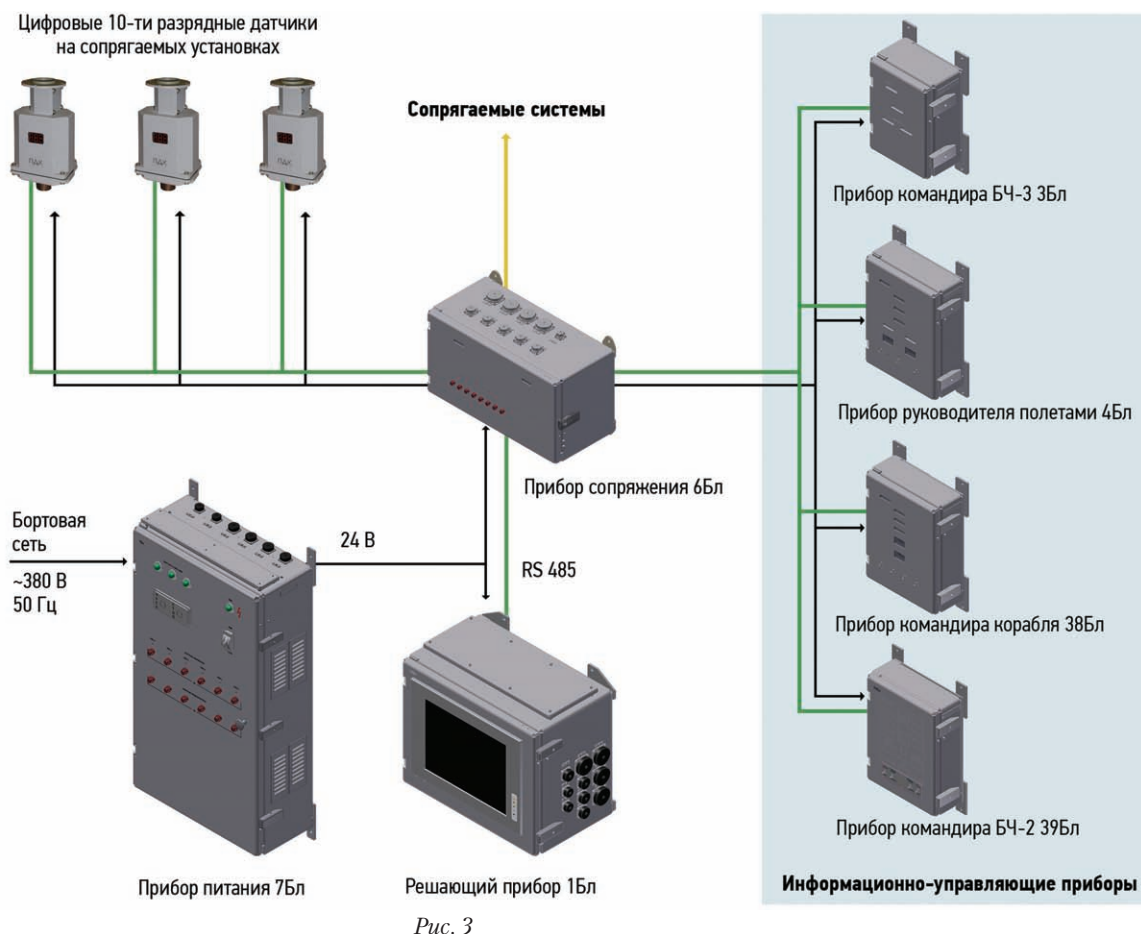


Рис. 3

строящихся в рамках ГОЗ. Такие системы будут достигать наиболее высокого уровня безопасности корабля при совместном использовании спецсредств. Ниже приведен перечень наиболее важных характеристик, которыми будут обладать ССПО нового поколения:

- решение задач безопасности в плоскостях вертикального и горизонтального наведения с учетом заданного допустимого расстояния от корабля, что позволяет увеличить зоны возможной работы при совместном использовании комплексов корабля;
- увеличение разрешенных зон взлета-посадки летательных аппаратов;
- использование цифровых каналов обмена для получения информации об угловом положении от систем управления и микропроцессорных средств для обработки полученной информации с повышением точности решения задач;
- применение современных стандартных интерфейсов, что дает возможность взаимодействовать с любыми вновь устанавливаемыми и модернизированными комплексами как российского, так и иностранного производства;
- использование современных унифицированных конструктивов и элементной базы и, следовательно, уменьшение массогабаритных характеристик системы;

– применение в основе датчиков углового положения абсолютных энкодеров (рис. 4), позволяющих реализовать сетевую архитектуру опроса и существенно повысить точность определения горизонтальных и вертикальных углов наведения;



Рис. 4

- повышение ремонтопригодности системы за счет уменьшения номенклатуры и количества составных частей;
- реализация системы контроля исправности изделия, позволяющая обнаружить малейшую его неисправность и предоставить всю необходимую для оперативного восстановления работоспособности изделия информацию;
- возможность модернизации системы для решения множества новых задач.

По сравнению с третьим поколением была пересмотрена и существенно переработана структура ССПО ново-

го поколения. А появление комплекса унифицированных приборов, образующих структуру, инвариантную к проекту корабля – это попытка избавиться от всех недостатков систем прошлых поколений, связанных со сложностью их модернизации, по причине жесткой привязки таких систем к определенному проекту корабля и их вооружению.

В заключение следует отметить, что обеспечение безопасности надводных кораблей при совместном использовании спецсредств, установленных на них, а также личного состава и летательных средств – важная задача не только для военного, но и мирного времени.

В период с 1963 г. до настоящего времени для военно-морского флота нашей страны и ВМС других государств было поставлено более 140 ССПО типа «Блокировка».

ЛИТЕРАТУРА

1. Краткий справочник нормативов применения ВМС иностранных государств «ОТН-2010». – М., РУ ГШ ВМФ, 2010.
2. Проектирование зенитных управляемых ракет / Под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлова. – М.: Изд. МАИ, 2001.
3. Киришов Н.П., Чугунов А.Н. Современная корабельная артиллерия в морском бою. – СПб.: ВСОК ВМФ, 2001.
4. Научно-производственная фирма «Меридиан»: Три века с флотом. События. Факты. Люди / ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат». – СПб., 2013. ■

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние ВМФ РФ характеризуется совершенствованием вооружения, технических средств (ТС) и внедрением цифровой техники, требующих высоких профессиональных навыков личного состава, поддержание которых обеспечивается в учебных центрах, на кораблях и соединениях кораблей.

Одним из направлений совершенствования подготовки личного состава является разработка и использование на кораблях ВМФ компьютерных обучающих систем, к которым относятся бортовые тренажеры (БТ), создаваемые по общим требованиям, предъявляемым к подготовке операторов [1], с учетом особенностей аппаратуры штатных систем управления (СУ) и объектов управления и контроля (ОУК), позволяющих в корабельных условиях организовывать учебно-тренировочные режимы (УТР).

АО «Концерн «НПО «Аврора» по техническому заданию АО «Зеленодольское ПКБ» в составе штатной цифровой комплексной системы управления (КСУ) ТС типа «Фауна» создан бортовой тренажер, обеспечивающий подготовку личного состава по использованию ТС электромеханической боевой части (ЭМБЧ).

СТРУКТУРА КСУ ТС ТИПА «ФАУНА»

В состав КСУ ТС (рис. 1) входят автономные функциональные СУ главной энергетической установки (ГЭУ), электроэнергетической системы (ЭЭС) и общекорабельных систем (ОКС), которые выполнены как локальные сети на основе межприборных средств обмена данными MILSTD 1553 [2] и содержат:

- СУ ГЭУ – пульт управления (ПУ) в посту энергетики и живучести (ПЭЖ), две станции локальные технологические (СЛТ) для связи с ОУК, местные посты управления и средства управления движением в ходовой рубке (ХР);
- СУ ЭЭС – пульт управления в ПЭЖ и две СЛТ в электростанциях;
- СУ ОКС – ПУ в ПЭЖ, одна СЛТ и коробки соединительные (КС).

Центральная координирующая система управления (ЦКСУ) содержит ПУ, устройство печати (УП) и сетевые приборы центральных Ethernet (ПЦЕ), к которым по межсистемной магистрали Ethernet подключены ПУ систем КСУ ТС.

В штатном режиме (режим «Управление») системы реализуют алгоритмы управления ТС, для этого в вычислительных приборах СУ размещается функциональное программное обеспечение (ФПО). Станции СЛТ содержат алгоритмы управления и контроля ТС, а ПУ СУ ТС – алгоритмы визуализа-

БОРТОВОЙ ТРЕНАЖЕР КСУ ТС ТИПА «ФАУНА» КОРАБЛЕЙ ЗЕЛЕНОДОЛЬСКОГО ПКБ ЧАСТЬ 1

В.Ю. Волков, ген. директор АО «Зеленодольское ПКБ»,
Б.В. Грек, д-р техн. наук, проф., гл. конструктор,
К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, ген. директор,
АО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5971, +7 (921) 425 0690

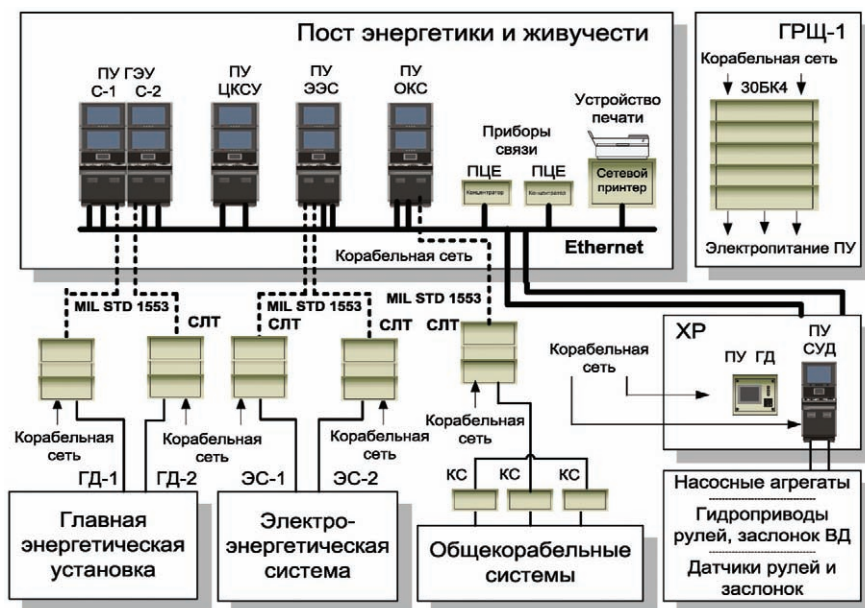


Рис. 1. Структура цифровой КСУ ТС типа «Фауна»

ции данных по ОУК и аппаратуре СУ, и передачи команд в СЛТ. Обмен данными в СУ ТС происходит по межприборным сетям функциональных СУ, а по сети Ethernet, используя приборы ПЦЕ, данные от ПУ систем передаются в ЦКСУ по протоколу штатного режима. Системы управления ТС обеспечивают решение функциональных задач СУ, а ЦКСУ – координированное управление ТС, контроль состояния ОУК и аппаратуры СУ, решение задач по борьбе за живучесть (БЗЖ) корабля.

На лицевых панелях ПУ размещаются мониторы, на которые вызываются видеокadres (ВК), а также клавиатура, трекбол и другие элементы, с помощью которых операторы решают функциональные задачи СУ. За пультом ЦКСУ располагается командир ЭМБЧ, вахтенный инженер-механик или дежурный по ЭМБЧ.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ

Подготовка личного состава на БТ осуществляется в объеме выполнения операторских функций, формирования навыков, умений и отработки действий, необходимых для управления ТС в условиях повседневной эксплуатации, боевых режимах и аварийных ситуациях.

Базовыми принципами создания БТ являются безопасность и безаварийная эксплуатация ТС корабля, реализация которых обеспечивается:

- проведением УТР на стоянке;
- непрерывным контролем за состоянием и параметрами работающих ТС;
- переходом в УТР при выполнении условий безопасной эксплуатации ТС;
- многовариантным выходом из УТР в штатный режим «Управление» ТС.

Стоянка корабля является наименее загруженным режимом работы ТС, который допускает проведение с личным составом, свободным от несения дежурства и вахты, занятий по специальности, тренировок, учений и других учебно-тренировочных мероприятий (УТМ).

Контроль состояния и значений параметров ОУК, находящихся в работе, поддерживается периферийной аппаратурой СУ ТС, которая в режиме УТР не прекращает работу и продолжает передачу данных на пульт ЦКСУ через ПУ функциональных систем управления.

Переход в УТР возможен при наличии разрешения от руководителя обучения и обязательным выполнением следующих условий безопасной эксплуатации ТС:

- остановлены главные двигатели (ГД) энергетической установки;
- управление ТС ЭЭС и ТС ОКС переведено на местные посты;
- периферийная аппаратура СУ ЭЭС и СУ ОКС исправна;
- значения параметров работающих ТС находятся в допустимых пределах;
- обеспечивается контроль работы ОУК и аппаратуры СУ с пульта ЦКСУ.

Переход СУ ТС обратно в штатный режим «Управление», происходит:

- автоматически – по аварийно-предупредительным сигналам (АПС) от работающих ТС при переназначении постов управления ТС или действиях личного состава по переключению аппаратуры СУ;
- вручную – обучаемыми или руководителем обучения, используя доступные на ПУ органы управления и средства навигации на видеокадрах.

На рис. 2 представлена структурная схема, в которой обозначены режимы работы КСУ ТС: штатный (режим «Управление») и бортовой тренажер (режим «УТР»). Переходы КСУ ТС из штатного режима в режим «УТР» и обратно показаны условными операторами.

Эффективность и качество образовательного процесса на БТ достигается [3]:

- последовательным обучением от простого к сложному;
- индивидуализацией подготовки;
- полнотой учета всех факторов, воздействующих на операторов;
- снижением влияния субъективных факторов, действующих на обучаемых;
- контролем за уровнем подготовки личного состава.

Эти принципы подготовки операторов реализуются в УТМ, к которым относятся тесты, каждый из которых содержит несколько вопросов и задания по управлению ТС.

Вопросы тестов с несколькими вариантами ответов, в том числе правильными, а также задания с несколькими вариантами решений и эталонными решениями разрабатываются в АО «Зеленодольское ПКБ».

УТМ, как показано на рис. 2, проводятся в следующих режимах БТ:

- «САМОПОДГОТОВКА» (САМПО);
- «ТЕСТИРОВАНИЕ» (ТЕСТ);
- «ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ» (ТРЕНИРОВКА).

Режим САМПО позволяет обучаемым самостоятельно, в любом порядке и количестве выполнять заранее подготовленные тесты и задания по управлению ТС ГЭУ, ЭЭС и ОКС, просматривать ответы на выполненные тесты и задания, восстанавливая знания в предметной области, умения по использованию ТС и навыки по управлению и контролю ТС. В режиме САМПО, не обращаясь к ответам и эталонным решениям, обу-

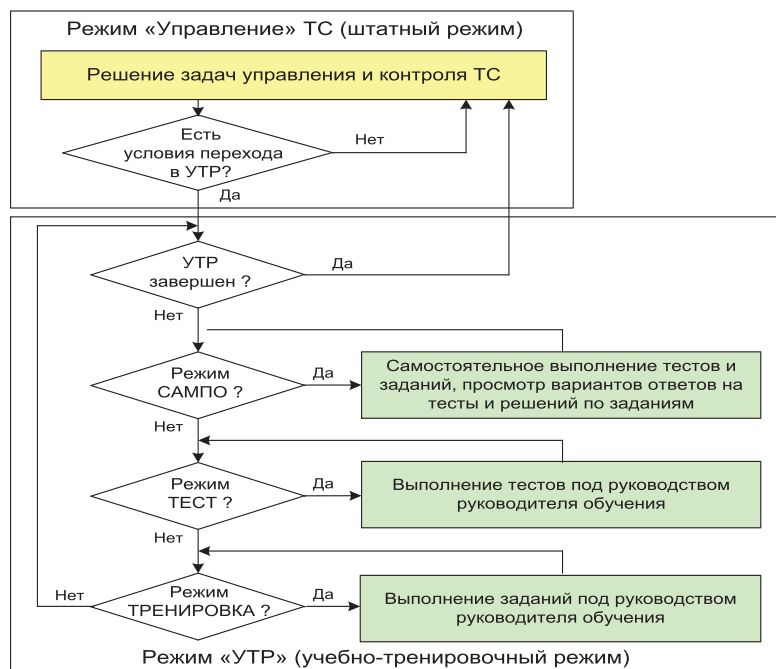


Рис. 2. Режимы работы КСУ ТС и бортового тренажера

чаемым предоставляется возможность проверки своих операторских навыков по самостоятельно назначаемым тестам и заданиям по управлению ТС.

Режим ТЕСТ проводится руководителем обучения и предназначен для проверки уровня готовности обучаемых к выполнению заданий по управлению ТС. Тесты задаются руководителем обучения. Обучаемый должен дать ответы на содержащиеся в нем вопросы. Руководитель обучения контролирует выполнение тестов.

Режим ТРЕНИРОВКА проводится руководителем обучения и предназначен для проверки практических навыков обучаемых по управлению ТС. Руководитель обучения выдает задания на тренировку, контролирует действия обучаемых и дает им оценку.

Учет факторов, действующих на операторов, достигается моделированием функционирования ТС в условиях воздействия внешней среды – в условиях повседневной эксплуатации, боевых режимах и аварийных ситуациях.

Контроль за уровнем подготовки обучаемых осуществляется при выполнении текущих УТМ и в течение всего срока службы личного состава. Руководителю обучения предоставляется информационная поддержка при разборе УТМ, которая включает протоколирование и документирование выполненных УТМ.

От личного состава требуются знания специальности, ТС ГЭУ, ЭЭС и ОКС, знания физических и технологических процессов в ОУК и аппаратуре СУ.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В состав бортового тренажера КСУ ТС типа «Фауна» входят:

- рабочие места обучаемых (РМО), которые создаются на аппаратно-программных средствах ПУ систем управления ТС ГЭУ, ТС ЭЭС и ТС ОКС;
- рабочее место руководителя обучения (РМО), которое создается на аппаратно-программных средствах ПУ ЦКСУ.

Периферийная аппаратура СУ ГЭУ, СУ ЭЭС и СУ ОКС, включая СЛТ, в состав БТ не входит и продолжает работу в режиме «Управление» ТС, обеспечивая обмен данными по штатной сети Ethernet.

Реализация БТ в КСУ ТС типа «Фауна» требует доработки ФПО систем КСУ ТС и разработки специального программного обеспечения (СПО) УТР.

Доработка штатного ФПО функциональных СУ включает:

- передачу информации от СЛТ о работе ТС на ПУ ЦКСУ по сети Ethernet с исключением отображения и управления ТС с ПУ СУ ТС, перешедших в УТР;
 - организацию просмотра состояния работающих ТС на верхнем мониторе ПУ ЦКСУ с предоставлением нижнего монитора для проведения УТМ.
- Разработка СПО УТР, которое подразделяется на СПО РМО, размещаемое в ПУ СУ ТС, и СПО РМО, размещаемое в ПУ ЦКСУ, предусматривает моделирование СУ ТС и ОУК, внешней среды, а также организацию обмена данными между РМО и РМО в той же сети Ethernet по протоколам УТР.

Организация взаимодействия между компонентами СПО в обеспечение проведения УТР представлена на рис. 3.

Основными компонентами СПО РМО являются:

- ВК «Управление УТР», «Выполнение теста», «Выполнение задания»;

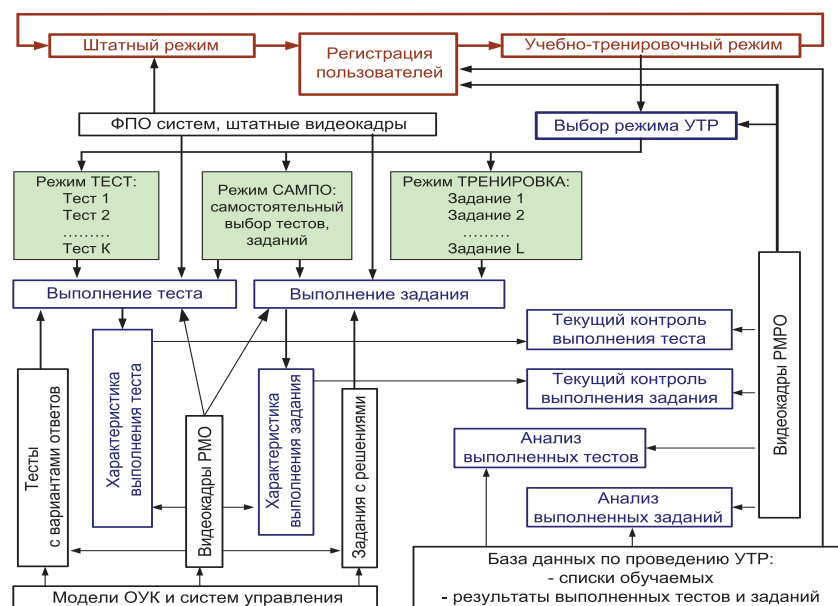


Рис. 3. Взаимодействие между компонентами СПО УТР

- упрощенные логико-временные модели ОУК;
- модели периферийных устройств СУ ТС;
- тесты с контрольными вопросами и вариантами ответов для них;
- задания (задачи) с вариантами их решения и эталонным решением.

Разрабатываемые модели обеспечивают подготовку и ввод в действие, использование по назначению и вывод из действия ТС и аппаратуры СУ.

Основными компонентами СПО РМО являются:

- ВК «Управление УТР», «Отчет о выполнении задания», «Архив УТР»;
- база данных (БД) по проведению УТР (архив УТР), в которой хранятся списки обучаемых и результаты выполненных УТМ.

Результаты УТР распечатываются на УП из состава ЦКСУ.

Подготовка операторов на БТ проводится с использованием штатных средств управления и контроля, размещаемых на лицевых панелях ПУ, а также по видеокадрам РМО и РМРО, в которых предусмотрены средства навигации, предоставляемые обучаемым и руководителю обучения. Для выполнения тестов и заданий из ФПО систем вызываются штатные ВК, к которым подключаются модели ТС и СУ ТС.

СПО РМО, используя модели ОУК, аппаратуры и ФПО СУ, обеспечивает:

- взаимодействие с моделями ОУК, моделями аппаратуры и ФПО СУ ТС;
- загрузку тестов и заданий по управлению и контролю ТС;
- самостоятельную подготовку обучаемых;
- проверку знаний обучаемых путем тестирования;
- проверку операторских навыков обучаемых путем выполнения заданий;

- контроль параметров и состояния ОУК и аппаратуры СУ на моделях. СПО РМО, используя модели ОУК, аппаратуры и ФПО СУ, обеспечивает:
- подготовку исходных данных для проведения УТМ;
- выбор тестов и заданий на тренировки по управлению ТС;
- контроль за действиями и уровнем подготовки операторов;
- выдачу результатов выполненных УТМ.

Подготовка исходных данных при проведении УТМ включает учет и регистрацию обучаемых, формирование начальных условий выполняемых УТМ.

Порядок выполнения тестов и заданий по управлению ТС предусмотрен в СПО УТР и реализуется с помощью ВК и вложенных в них средств навигации.

Данные по выполнению УТМ формируются на РМО и передаются на РМРО для контроля текущего выполнения тестов и заданий, анализа результатов их выполнения и оценки действий обучаемых. В базу данных УТР записываются только результаты УТМ, выполненных в режи-

мах ТЕСТ и ТРЕНИРОВКА.

База данных УТР, как показано на рис. 4, содержит файлы обучаемых, которые организованы в древовидные структуры.

В корневом каталоге БД записывается наименование системы (СУ ТС).

На следующем уровне по каждой системе формируются списки обучаемых, которые содержат фамилии, имена и отчество (ФИО) обучаемых.

Для каждого обучаемого указываются виды выполненных УТМ, дата и время их проведения, результаты выполненных тестов и заданий.

База данных УТР обеспечивает:

- выдачу на экран монитора сохраненных протоколов УТМ с управляющими воздействиями и контролируруемыми параметрами;
- сравнение выполняемого задания с эталонным решением, индикацию несоответствий по последовательности и времени выполнения операций;
- хранение и вывод на печать результатов выполненных УТМ.

Видеокадр «Архив УТР», как показано на рис. 4, отображает структуру БД и позволяет создавать, редактировать, хранить и уничтожать записи по каждому обучаемому, для чего используются виртуальные клавиши «Изменить», «Добавить» и «Удалить».

Если в ВК «Архив УТР» выделить проведенное учебное мероприятие на нижнем уровне древовидной структуры БД и ввести команду исполнения, то появляется ВК «Отчет о выполнении задания», который на выделенную дату раскрывает результаты выполненного УТМ.

Нажатие на клавишу «Выход» ведет к переходу в ВК «Управление УТР».

Доступ к базе данных УТР разрешен только руководителю обучения для формирования итоговых результатов, создания копий, удаления архивных записей и печати результатов обучения.

Руководитель обучения получает возможность вести подготовку операторов по одной и более специально-

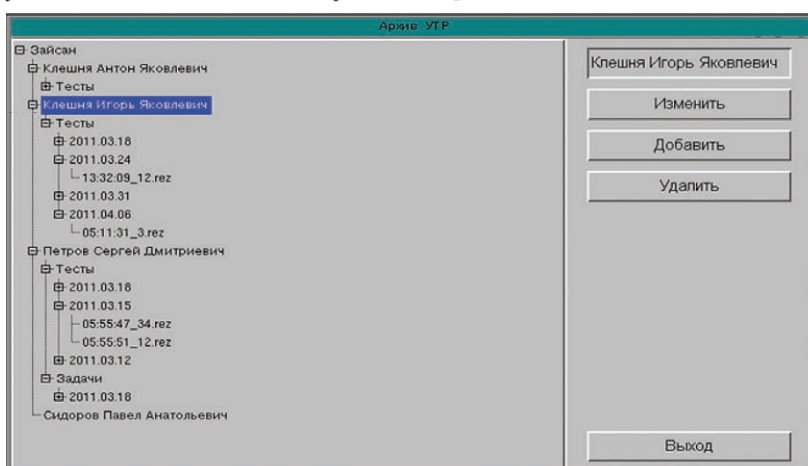


Рис. 4. Видеокадр «Архив УТР» на РМРО

стям, обрабатывать учебные задания с несколькими ОУК и действия обучаемых при совместном использовании ТС.

ПЕРЕХОД В УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЙ РЕЖИМ

Переход КСУ ТС в режим УТР осуществляется с ПУ систем управления, со штатных ВК, в которых предусмотрены виртуальные клавиши «Тренировочный режим», нажатие которых ведет к загрузке СПО УТР, проверке условий перехода СУ в УТР и обмену данными между РМО и РМО по протоколу УТР.

С пультов управления СУ ТС посылаются запросы в ЦКСУ на переход в УТР и ожидаются разрешения на переходе в УТР от руководителя обучения. Если для СУ ТС условия перехода в УТР не выполнены, то в штатном основном ВК СУ в окне АПС формируются сообщения, какие условия не выполнены, и СУ ТС сохраняет штатный режим. Если условия перехода в УТР выполнены, то на мониторах ЦКСУ и СУ ТС открываются ВК «Управление УТР».

Видеокадр «Управление УТР» на РМО представлен на рис. 5 и содержит данные по трем СУ ТС: ГЭУ, ЭЭС и ОКС. Если с РМО поступил запрос на переход в УТР, то соответствующее ему информационное поле на РМО засвечивается цветом, отличным от цвета фона. Разрешение для СУ ТС на переход в УТР производится с РМО регистрацией обучаемых, которые размещаются за ПУ СУ ТС, путем подтверждения их ФИО в списке личного состава, хранящегося в БД УТР. Активной становится виртуальная клавиша «Разрешить УТР», которая следует за ФИО обучаемых и при нажатии которой в информационном поле, расположенном рядом, появляется текст «УТР разрешен», текст «Разрешить УТР» на клавише управления меняется на текст «Отменить УТР». На РМО на ВК «Управление УТР» появляется сообщение «Ожидание режима обучения».

На РМО в ВК «Управление УТР» происходит выбор режимов обучения для РМО, для этого в разделах «Режим обучения» предусмотрены выпадающие списки с записями: «Ожидание режима обучения», «Самоподготовка», «Тест № 1», «Тест № 2», «Задание № 1», «Задание № 2» и т. п. По умолчанию в информационных полях содержатся записи «Ожидание режима обучения». После выбора записи нажимается клавиша «Установить».

На РМО в ВК «Управление УТР» за наименованиями СУ ТС следуют клавиши «Архив УТР», нажатие которых ведет к вызову ВК «Архив УТР».

Текущий контроль действий обучаемых проводится руководителем на ВК

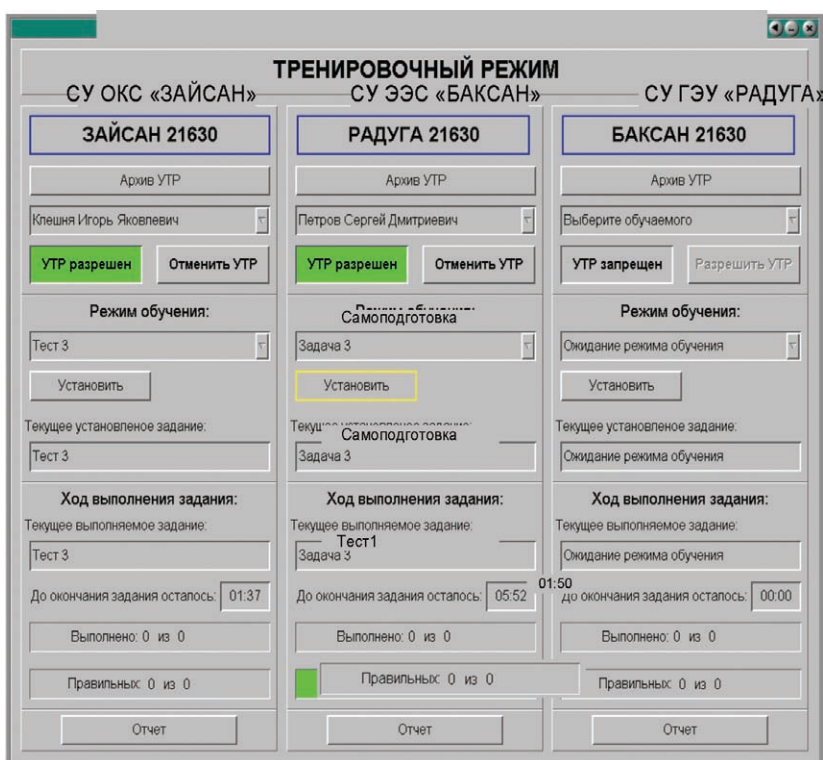


Рис. 5. Видеокадр «Управление УТР» на РМО

«Управление УТР», разделы «Ход выполнения задания».

Нажатием на клавишу «Отчет» на экран монитора вызывается ВК «Отчет о выполнении задания», на котором отображаются результаты УТМ, выполненных обучаемым. ВК «Отчет о выполнении задания» содержит две формы, в одной из которых представляются результаты выполненного теста, а в другой – результаты выполненного задания по управлению ТС

текстом «Отменить УТР», и на информационном табло появляется сообщение «УТР запрещен» и на РМО посылается сообщение о прекращении УТР.

Пример ВК «Управление УТР» на РМО представлен на рис. 6 и содержит три информационные области, озаглавленные «Тесты», «Задания» и «Содержание». В верхней части ВК в цветовом поле отображается режим БТ:

– САМПО – текстом «САМОПОДГОТОВКА»,

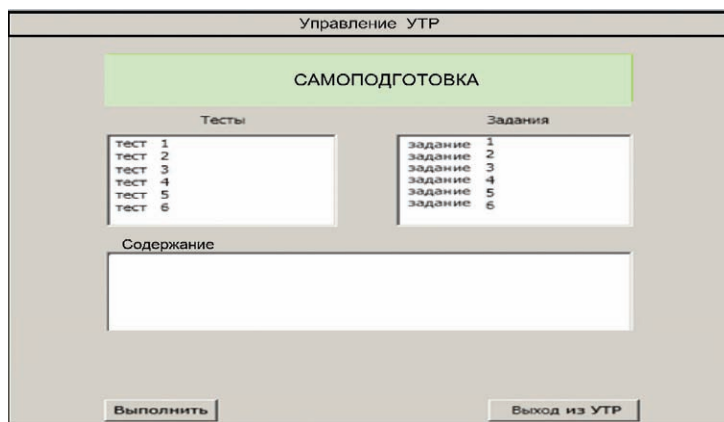


Рис. 6. Видеокадр «Управление УТР» на РМО

Нажатие на индикаторную кнопку в правом верхнем углу ВК «Управление УТР» или ВК «Отчет о выполнении задания» ведет к их закрытию и мгновенному завершению режима УТР путем прекращения обмена данными по сети Ethernet по протоколу УТР, СУ переходят в штатные режимы работы.

Руководитель обучения может прекратить УТР нажатием на клавишу с

– ТЕСТ – текстом «ТЕСТИРОВАНИЕ» и номером теста на выполнение, – ТРЕНИРОВКА – текстом «ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ» и номером задания.

При нажатии на клавишу «Выход из УТР» прекращается обмен данными по протоколу УТР и системы КСУ ТС переходят в штатные режимы работы. ■

Продолжение следует

Морские акватории, в том числе и порты, в XIX–XX вв. являлись аренами интенсивных и многочисленных военных конфликтов с применением различных видов оружия, а также районами боевой подготовки военно-морских флотов. Серьезная проблема реализации морских проектов на этих акваториях связана с наличием в них опасностей техногенного происхождения (ОТП) – взрывоопасных предметов и затопленных объектов.

Значительная часть выполняемых в этих районах работ проводится на морском дне, в том числе и в районах непосредственного нахождения ОТП, при этом существуют риски воздействия (контакта) используемых технических средств и оборудования на ОТП. Последствия возникающей в результате такого контакта чрезвычайной ситуации способны нанести ущерб жизни и здоровью персонала, негативно воздействовать на экономическую и политическую ситуацию, окружающую среду.

В этой связи обеспечение безопасности при реализации морских проектов от ОТП приобретает особую актуальность.

К опасностям техногенного происхождения относятся [1]:

- а) взрывоопасные предметы:
 - морское подводное оружие (мины, минные защитники, торпеды и глубинные бомбы);
 - авиационные боеприпасы (авиабомбы);
 - артиллерийские боеприпасы;
 - инженерные мины.
- б) затопленное химическое оружие:
 - химические боеприпасы (авиационные бомбы, артиллерийские снаряды, химические мины, химические гранаты);
 - технологические емкости (бочки, контейнеры, резиновые мешки) с боевыми отравляющими веществами.
- в) взрывоопасные объекты:
 - затонувшие корабли (суда) с боезапасом на борту;
 - летательные аппараты (самолеты) с боезапасом на борту.
- г) радиационное загрязнение.

В качестве примера на рис. 1 приведена схема расположения ОТП в районе строительства терминала по приему, хранению и регазификации сжиженного природного газа в Калининградской области.

В процессе реализации проектов на морском шельфе возможны следующие ОТП:

- взрывоопасность как угроза поражения объекта взрывоопасными предметами (минами, торпедами, глубинными бомбами и другими видами боеприпасов), находящимися на дне моря;
- химическая опасность как угроза поражения персонала и окружающей

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ ОТ ОПАСНОСТЕЙ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

П.И. Малеев, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник,
А.Б. Фёдоров, начальник отдела, ОАО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 322 6321

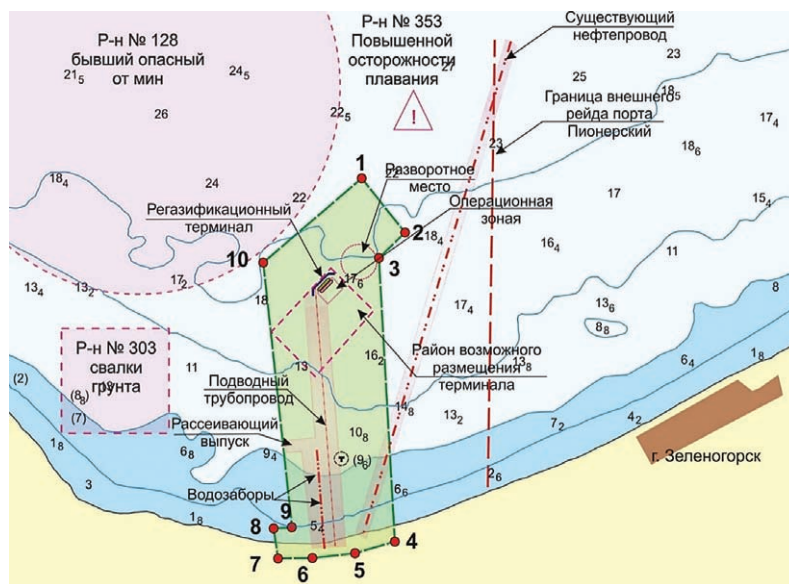


Рис. 1. Схема района обследования

природной среды боевыми отравляющими веществами, находящимися в составе химических боеприпасов и в высвобождающемся состоянии;

- радиационная опасность как угроза поражения персонала и окружающей среды радиоактивным излучением.

Потенциальными объектами воздействия рисков от ОТП являются:

- персонал, участвующий в проведении работ в районах обустройства объектов нефтегазопромысловых сооружений и строительства морской портовой инфраструктуры;
- судовое обеспечение и оборудование, применяемые при проведении работ в районах обустройства объектов нефтегазопромысловых сооружений и строительства морской портовой инфраструктуры, включая морские воды и грунты;
- фауна и флора населяющие районы шельфовой зоны.

Результаты практической работы по обеспечению безопасности от ОТП морских проектов Балтийского и Баренцева морей, выполненной при участии специалистов ОАО «ГНИНГИ»,

позволили выявить значительный состав ОТП. Эти данные содержатся в заключениях Балтийского и Северного флотов, составленных по обращениям компаний «NordStreamAG» и «ShtockmanDevelopmentAG»:

- в Финском заливе обнаружено и обезврежено 55 взрывоопасных предметов (ВОП);
- в прибрежной зоне губы Териберка (Баренцево море) обнаружено и обезврежено 9 ВОП.

Вышеуказанные обстоятельства, а также рекомендации международной системы стандартов DNV определяют необходимость проведения комплекса мероприятий по подготовке морских акваторий в целях снижения рисков от ОТП, имеющих существенный уровень.

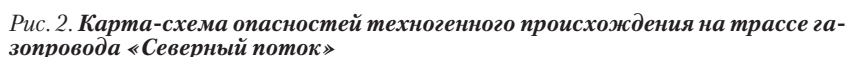
Повышение интенсивности морской экономической деятельности в зонах ответственности ВМФ РФ, на который возложены задачи создания и поддержания безопасности морехозяйственной деятельности и недостаточный уровень нормативной базы вызвали необходимость разработки документов, регламентирующих практическую организацию обеспечения безопасности в процессе реализации морских проектов.

С 2008 г. вступили в действие нормативные документы командующих

Анализ современного состояния ОТП, проведенный в целях обнаружения и идентификации опасных предметов (ОП), позволил сделать заключение о том, что основными поисковыми признаками ОП являются гидроакустический портрет и локальная магнит-

Кроме того, локальная магнитная аномалия, обусловленная наличием ОП, зачастую маскируется магнитными свойствами грунта, осадков, а также невзрывоопасными объектами техноген-

- обследование морских участков размещения объектов морской экономической деятельности и первичная идентификация ОТП;
- допоиск, идентификация обнаруженных ОТП и обозначение мест их нахождения;
- картографирование ОТП;
- принятие решения по результатам идентификации;
- проведение демпфирующих мероприятий с целью ликвидации обнаруженных ОТП.



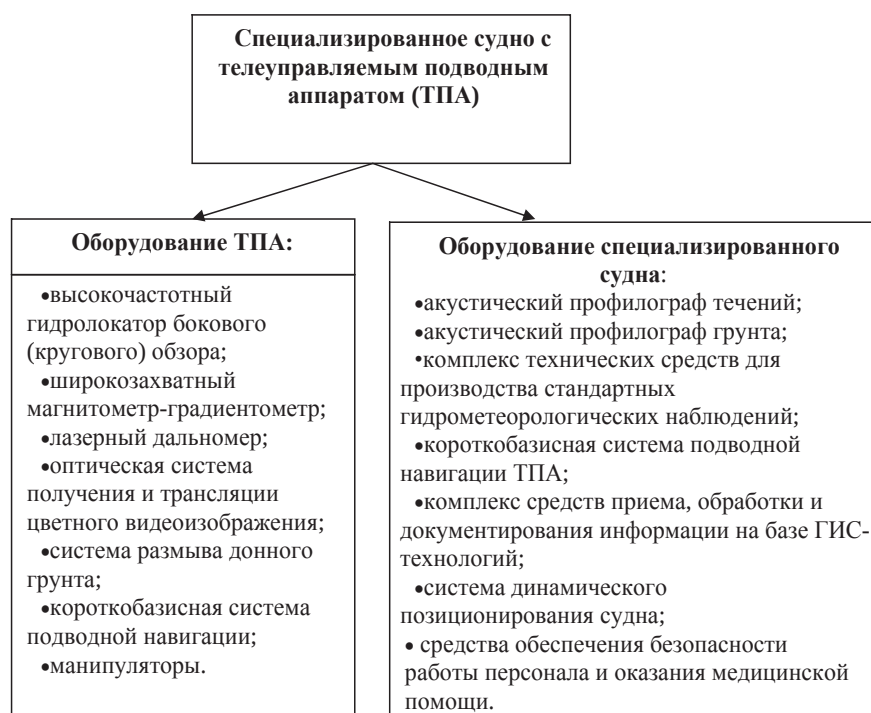


Рис. 3. Состав комплекса технических средств для специализированного судна и телеуправляемого подводного аппарата

Рассмотренные технико-технологические решения показали высокую эффективность при по контроле затопленных взрывоопасных предметов на наиболее опасных участках морской трассы газопровода «Северный поток», а также при проведении других работ на Балтике и Дальнем Востоке в интересах строительства морской портовой инфраструктуры.

Дальнейшим развитием технико-технологических решений в данной области является использование автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), позволяющих существенно повысить эффективность подводных работ. Эти аппараты в последние годы интенсивно развиваются. Ежегодно появляется в среднем около 70 их новых проектов.

Основными преимуществами АНПА перед телеуправляемыми и другими типами подводных аппаратов являются:

- отсутствие кабель-тросовой связи с судном-носителем;
- способность функционировать в местах недоступных для других типов подводных аппаратов, что осо-

Технические характеристики отечественных АНПА и их оснащение исследовательской аппаратурой

Таблица 1

Аппарат, год разработки, разработчик	Глубина погружения, м	Масса, кг	Габариты, м	Скорость, уз	Автономность, ч	Состав исследовательской аппаратуры	Примечание
Лортодромия-II-АН, Л-2, 1980, ИПМТ	6000	1180	4,3 × Ø1,2	2,0	6	ГБО, ДЭ, М, Р, Т, РА, ФС, Эл	
МТ-88, 1988, ИПМТ	6000	1150	3,8 × 1,1 × 1,2	3,0	6	ВС, ГБО, ДЭ, Р, Т, ФС, Эл	–
Тифлонус, 1990, ИПМТ	2000	750	3,5 × Ø0,8	4,0	35	ВС, ГБО, ГР, М, Р, Эл	–
TSL, 1994, ИПМТ	300	320	3,0 × Ø0,64	2,5	8	ВС, ГБО, ГЛ, Р, Эл	–
ОКРО-6000, 1997, ИПМТ	6000	975	3,94 × 0,7 × 0,88	3,0	8	ВС, ГБО, ДЭ, Р, Т, ФС	–
САНПА, 1998, ИПМТ	1000	90	1,8 × 0,73 × 0,33	1,5	Не ограничена	ГД, Р, Эл	–
Разум-АМ, 2004, ИОАН	6000	1000	3,77 × Ø1,13	2,0	6	АП, ВС, ГБО, М, Р, Эл	Короткобазисная ГАНС
Универсал-1, ЦНИИ Гидроприбор	400	25	1,26 × Ø0,12	5,0	1	ГБО, Р, Эл	Разработан ходовой макет
Клавесин-1 Р, 2007, ИПМТ ДВО РАН	6000	3100	–	–	120	ГАНС ДБ, Эл, ГАНС УКБ, ГБО	Используется в ВМФ

Технические характеристики ряда зарубежных АНПА

Таблица 2

Аппарат, год разработки, страна	Глубина погружения, м	Масса, кг	Габариты, м	Скорость, уз	Автономность, ч	Состав исследовательской аппаратуры	Примечание
Epaulard, 1981, Франция	6000	2900	4,0 × 1,1 × 2,0	2,0	6	ГБО, Эл, ТВ, ФС, РА	
Elit, 1993, Франция	1000	1000	2,0 × 1,4 × 1,4	3,0	4	ВС, Р, Эл, ГЛ, ФС	
Theseus, 1995, Канада	1000	8875	10,7 × Ø 1,27	4,0	60	ГБО, Эл, Р, ФС	
Boeing, 2001, США	3000	5300	5,7 × Ø0,8	8	30	ВС, АП, ГБО, Эл, МГЛ, ГЛ	
Gavia offshore, 2002, Исландия	2000	50	1,7 × Ø0,2	6,0	10	ГБО, МЭ, Р, Эл, ФС	
Hygin 1000, 2001, Норвегия	1000	650–850	4,5 × Ø0,75	2–6	24	ГБО, ГД, ГЛ, Р	
Hygin 3000, 2003, Норвегия	3000	1400	5,5 × Ø1,0	4,0	60	АП, ГБО, ГД, МЭ, М, Р, ФС	
Hygin 4500, 2005, Норвегия	4500	1900	6,0 × Ø1,0	4,0	60	ГБО, ГД, ГЛ, М, МЭ, Р	
Bluefin 21, 2004, США	3000	500	3,9 × Ø0,50	6,0	20	АП, ГБО, ДЭ, МЭ, Р, Т	ИНС с доплеровским лагом, GPS
REMUS 100, 2002, США	100	36	1,2 × Ø0,2	3,0	6	ГБО, Р, Эл	–
REMUS 600, 2005, США	600	120	2,5 × Ø0,45	3,0	10	ВС, ГБО, МЭ, Р	GPS
REMUS 6000, 2005, США	6000	885	3,72 × Ø0,71	4,0	20	ВС, ГБО, ГД, МЭ, Р	GPS

Примечание: ГБО – гидролокатор бокового обзора; Э – датчик электрический, М – магнитометр; Р – радиометр; РА – радиорадиометр; Т – тросорез; ТВ – телевидение; ФС – фотосистема; Эл – эхолот (эхолокационная система); ВС – видеосистема; ГЛ – гидролокатор; ГД – датчик глубины; ГР – гравиметр; АП – акустический профилограф; МЭ – многолучевой эхолот; ГАНС ДБ – гидроакустическая навигационная станция с длинной базой; ГАНС УКБ – гидроакустическая навигационная станция с ультракороткой базой.

бенно важно при решении задач обнаружения ОТП;

- скрытность функционирования;
- высокая мобильность.

При выборе АНПА для решения рассматриваемой проблемы большое значение имеют:

- источники энергии для движения аппарата и находящейся на нем аппаратуры;
- системы автоматического управления аппаратом;
- системы навигации, включающих: магнитный и гироскопический компасы, измерители скорости и глубины, системы определения местоположения аппарата и др. Состояние и перспективы их развития для АНПА рассмотрены нами в [2].

Для обнаружения, как и ранее, большое значение имеет используемая на аппарате гидроакустическая аппаратура, в том числе:

- гидролокаторы бокового и секторного (кругового) обзора, способные давать трехмерное изображение исследуемо-

го предмета с высоким разрешением;

- акустический профилограф, с помощью которого определяется глубинная структура донного рельефа.

Технические характеристики отечественных и ряда зарубежных АНПА приведены в табл. 1 и 2.

Основными преимуществами использования АНПА при проведении работ по обнаружению ОП на морских акваториях являются:

- их multifunctionality, что позволяет выполнять широкий спектр работ;
- оперативность в развертывании работ, возможность быстро доставить и развернуть комплекс, в том числе на необорудованное побережье;
- оперативность в обработке полученных материалов;
- экономичность, способность выполнять заявленный перечень работ без судна-носителя;
- возможность работать в различных вариантах – в автоматическом (по заданной программе), в дистанци-

онном (по радиоканалу) и ручном (экипажем судна).

Таким образом, в современных условиях имеется значительный набор средств и методов для решения проблемы обнаружения опасных предметов на морских акваториях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский А.Н., Блинков В.И., Мясоедов С.Н., Пинчук С.М. Опыт обеспечения безопасности морских проектов от рисков, обусловленных опасностями техногенного происхождения. – VII Росс. науч.-техн. конф. «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности» (НГО–2011), 18–20 мая 2011 г. – Тр. конф., Изд. ОАО «ГНИНГИ», С. 646–649.
2. Малеев П.И. Проблемы средств навигации автономных обитаемых подводных аппаратов и возможные пути их решения // Навигация и гидрография. – 2015. – Вып. 39. – С. 7–11
3. Богатырев С.В. Потери боевых кораблей и катеров ВМФ СССР в период Великой Отечественной Войны 1941–1945 гг. – Львов: Марина–Посейдон, 1994. ■

Актуальность данной статьи обусловлена тем, что поиск и спасание людей, терпящих бедствие на море, являются составной частью обеспечения безопасности морской деятельности Российской Федерации [1].

При реализации стратегических планов развития морской деятельности, в том числе в Арктике, приходится учитывать существующие риски, связанные с вероятностью крупных аварий и катастроф на морских объектах, а также размеры возможного ущерба. Чрезвычайные ситуации, (ЧС), несмотря на использование все более совершенных технико-технологических решений, продолжают возникать и приводят к гибели людей, экологическому и экономическому ущербу. По данным Государственного морского спасательного координационного центра за последние пять лет в поисково-спасательных районах Российской Федерации произошло около 1300 аварийных случаев, в том числе ряд кораблекрушений.

Опыт проведения поисковых, аварийно-спасательных, подводно-технических, водолазных и глубоководных работ выявил следующее [2]:

- несовершенную структуру и организацию федеральной системы поиска и спасания (ФСПС) на море в РФ;
- несоответствие современным условиям действующей нормативно-правовой базы по вопросам поиска и спасания на море современным требованиям;
- отсутствие единой государственной технической политики в обла-

ОСОБЕННОСТИ, ТЕНДЕНЦИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Часть 1

В.Н. Илюхин, д-р. техн. наук, проф., председатель Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий, контакт. тел. (812) 927 8501

сти создания и модернизации сил и средств поиска и спасания на море, выполнения других видов аварийно-спасательных работ;

- недостаточную обеспеченность современными средствами поиска и спасания на море ведомственных аварийно-спасательных служб;
- несовершенство существующих систем сбора и обработки информации об авариях и принятия решений по их ликвидации, отсутствие единых баз данных о наличии и состоянии сил и средств РФ, способных выполнять различные работы;
- необходимость совершенствования подготовки экипажей кораблей и судов по использованию индивидуальных и коллективных средств спасания.

Эти и другие недостатки ФСПС

объясняются отчасти тем, что раздел «Организация технического сотрудничества участников взаимодействия и подготовки их сил и средств, привлекаемых к выполнению работ» действующего «Положения о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России» не выполняется должным образом соответствующими организациями. В частности, данный раздел предусматривает: «В интересах координации усилий, направленных на обеспечение единой государственной технической политики в области создания средств поиска и спасания людей на море и водных бассейнах участники взаимодействия при координирующей роли МЧС России организуют техническое сотрудничество, имеющее своей целью:

- разработку федеральной целевой программы по строительству (модернизации) спасательных и других судов ПСО, созданию средств поиска и спасения людей на море и водных бассейнах России;
- организацию взаимодействия между ведомственными научно-исследовательскими, конструкторско-технологическими и другими организациями и учреждениями по обеспечению создания технических средств;
- обмен информацией в установленном порядке по проводимым НИОКР в областях, представляющих взаимный интерес» [3].

Решению указанных и ряда других проблем во многом способствовала бы разработанная и утвержденная «Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения (ПСО) морской деятельности (МД) Российской Федерации», решение о необходимости разработки которой приняла Морская коллегия при Правительстве РФ еще в сентябре 2013 г. (протокол от 27.09.2013 г. № 3 (21)).

Однако до настоящего времени это решение Морской коллегии не выполнено (ответственный исполнитель – Минобороны России), как и другие решения Морской коллегии при Правительстве РФ от 27.09.2013 г.:

- об уточнении Положения о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России;
- об уточнении Плана взаимодействия федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) при проведении работ по поиску и спасению людей на море и водных бассейнах РФ.

Ответственные исполнители этих решений – Минобороны России, Минтранс России, МЧС России.

Вместе с тем в соответствии с «Морской доктриной Российской Федерации до 2030 г.» [3] для обеспечения поиска и спасения на море необходимо:

- «Совершенствовать существующую систему поиска и спасения людей на море, основанную на взаимодействии федеральных органов исполнительной власти, имеющих в ведении силы и средства спасания, под единым руководством федерального органа исполнительной власти, ответственного за поисково-спасательное обеспечение морской деятельности в зонах ответственности Российской Федерации;
- унифицировать ведомственные системы подготовки специалистов морских аварийно-спасательных служб и сертификации поисково-спасательной техники и лицензирования различных видов поисково-спасательной деятельности, включая развитие водо-

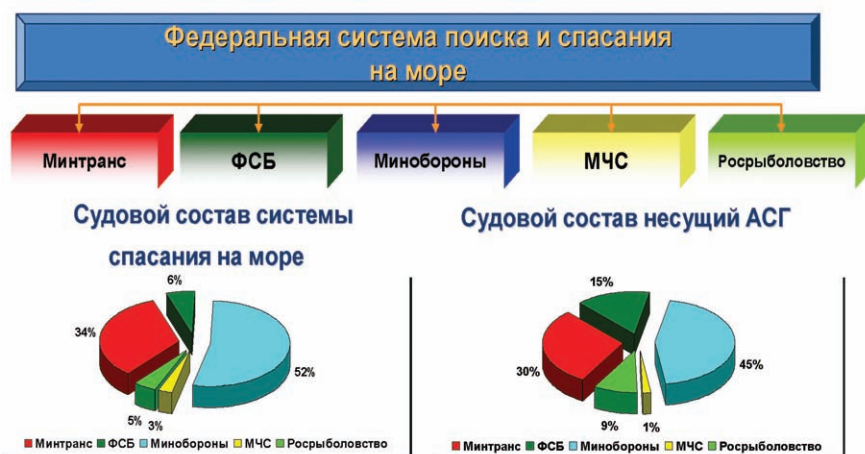


Рис. 1. Структура федеральной системы поиска и спасания на море

лазного дела и водолазной медицины на всех региональных направлениях национальной морской политики;

- создать государственную глобальную автоматизированную систему мониторинга и контроля местоположения российских судов и наблюдения за обстановкой в Мировом океане, обеспечивающую международный обмен данными о местоположении зарубежных судов, находящихся в территориальных водах Российской Федерации;
- обеспечить своевременное восстановление и обновление судового состава аварийно-спасательного и вспомогательного флота;
- создавать и развивать эффективные судовые, авиационные, глубоководные и роботизированные средства поиска и спасания, оснащать ими аварийно-спасательные службы».

Следует отметить, что в соответствии с Указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011 г. создание перспективных образцов специальной техники, к которой принадлежит и поисково-спасательная техника (ПСТ), относится к приоритетным направлениям развития науки и технологий, а создание технологий предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера отнесены – к критическим технологиям РФ.

Стратегическими задачами повышения эффективности ФСПС на море, определенные «Стратегией развития морской деятельности РФ до 2030 г.» [4] являются:

- комплексная модернизация и техническое перевооружение существующих сил и средств;
- совершенствование организации взаимодействия ведомственных аварийно-спасательных служб в условиях повседневной деятельности;
- создание межведомственной автоматизированной системы информационного обеспечения морских спасательных операций.

Очевидно, что из-за наличия указанных выше организационно-технических и нормативно-правовых проблем существующая структура и организация ФСПС (рис. 1) на море в неполной мере способствует достижению требуемого уровня поставленных перед ФСПС задач.

Поэтому основная особенность современного развития поисково-спасательной техники и технологий заключается в недостаточном уровне комплексного подхода к развитию и функционированию всех элементов ФСПС, отсутствию должной координации ведомств в процессе повседневной деятельности аварийно-спасательных служб и, как следствие, недостаточной эффективности и к низкому уровню унификации, стандартизации разрабатываемой ПСТ, нерациональному расходованию финансовых средств.

Острота и значимость рассматриваемой темы в значительной мере обуславливается отставанием технико-технологического состояния ФСПС на море от требуемого уровня, высокими показателями возможного ущерба экономике страны при возникновении ЧС в процессе морской деятельности.

Подтверждением названной особенности развития ПСТ на современном этапе является то, что отдельные мероприятия по ПСО на море и в водах осуществлялись и осуществляются в рамках девяти федеральных целевых программ (ФЦП) по нескольким ведомственным планам, не объединенных единым замыслом: ФЦП «Мировой океан», ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002–2010 годы)», ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы), ФЦП «Развитие гражданской морской техники» (2009–2016 годы), ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в РФ до 2010 года», ФЦП «Глобальная навигационная система», ФЦП «Пожарная безопасность в РФ на период до 2012 года», ФЦП «Развитие гражданской авиацион-

ной техники России на 2002–2010 годы и на период до 2015 года», ФЦП «Социально-экономическое развитие республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» и др. Ни в одной из разработанных ФЦП вопросы обеспечения безопасности морской деятельности, поиска и спасания на море системно не рассматриваются. Следствием такого подхода и является внутриведомственное осуществление технической политики в области создания и модернизации сил и средств поиска и спасания на море, технических средств и технологий для выполнения различных видов аварийно-спасательных работ, что и обуславливает объективную необходимость непрерывного и постоянного проведения такой политики в интересах ФСЧС программно-целевым методом. Следует также отметить, что до сих пор в Российской Федерации отсутствует федеральный орган исполнительной власти (ФОИВ), наделенный полномочиями и пользующийся ими для постоянного решения вопросов федерального уровня в сфере ПСО морской деятельности и координации функционирования ведомственных аварийно-спасательных служб в повседневных условиях, а также для решения вопросов развития сил и средств ПСО в рамках единой государственной программы.

Устойчивой тенденцией современного этапа развития средств ПСО морской деятельности является значительное увеличение номенклатуры представляемой поисково-спасательной техники. Многообразие типов создаваемой и рекламируемой ПСТ свидетельствует о необходимости выполнения работ по ее унификации и стандартизации (рис. 2). Примером являются созданные многочисленные типы многофункциональных спасательных судов, которые всегда составляли и будут составлять основу всех отечественных и зарубежных морских аварийно-спасательных служб.

Аварийно-спасательные службы ФОИВ выполняют сходные задачи зачастую в одних и тех же регионах (пунктах базирования), но не решающие задачу спасания на море в комплексе, как правило, из-за преобладания ведомственных задач.

Основными задачами, которые решает федеральная система поиска и спасания на море, являются:

- поиск и спасание людей, терпящих бедствие на воде;
- оказание помощи терпящим бедствие судам и другим плавучим объектам, приводнившимся летательным аппаратам, спасение их имущества в соответствии с международным и национальным законодательством;
- подъем и удаление затонувших судов и их обломков, представляющих навигационную опасность и угрозу



Рис. 2. Технические средства поиска и спасания на море

- загрязнения водной среды;
- ликвидация аварийных разливов нефти, нефтепродуктов и других вредных химических веществ в море.

Решение первой задачи возложено на спасательные суда всех министерств и ведомств, оказание помощи аварийным кораблям возложено на большинство спасательных судов ФОИВ, но с учетом их технических характеристик и особенностей аварийных кораблей. Что касается последних двух задач, то они решаются специализированными спасательными судами. Таким образом, в решении задач, поставленных перед спасательными судами, в различных ведомствах имеет место определенное дублирование в решении этих задач.

Вместе с тем каждое ведомство определяет технические требования к спасательным судам с учетом всего спектра поставленных задач. Такие требования существуют как в Минобороны, так и в МЧС России, Министерстве транспорта и других ведомствах (ПАО «Газпром» и др.).

Строительство современных аварийно-спасательных судов для различных ведомств определено сроками реализации ФЦП, подпрограмм «Морской транспорт», ФЦП «Модернизация транспортной системы

(2002–2010 годы)», ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)», Государственной программой вооружения с учетом «Концепции развития системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ на период до 2025», ФЦП «Социально-экономическое развитие республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.».

Анализ основных классов и проектов спасательных судов, построенных для аварийно-спасательных служб различных ФОИВ, показывает, что на декабрь 2015 г. в составе ФБУ «Морская спасательная служба Росморречфлота» имелось порядка 120 судов ПСО, в том числе 35 новых, построенных в рамках реализации указанных выше ФЦП, в том числе таких как:

- многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 7 МВт, пр. MPSV06 (рис. 3);
- многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 4 МВт, пр. MPSV07 (рис. 4);
- морское водолазное судно пр. SDS08;
- рейдовый водолазный катер пр. А-160;
- спасательный катер-бонопостановщик пр. А40–26.

Состав спасательных судов Минтранса насчитывает около 30 различ-



Рис. 3. Многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 7 МВт, пр. MPSV06



Рис. 4. Многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 4 МВт пр. MPSV07

ных проектов, которые были построены в различные годы, около четверти из них – иностранного производства, новых проектов – 10.

До 2020 г. в рамках вышеупомянутых ФЦП в дополнение к принятым в эксплуатацию планируется построить еще более 25 единиц современных аварийно-спасательных судов и катеров. На данный момент спасательные суда Минтранса являются наиболее динамично обновляемыми по сравнению со спасательными судами аварийно-спасательных служб других ФОИВ.

На 2015 г. состав спасательных судов и катеров службы поисковых и аварийно-спасательных работ (СПАСР) ВМФ, насчитывал порядка 120 единиц 24 различных проектов, в том числе 8 новых, построенных в рамках реализации Концепция развития поисково-спасательного обеспечения морской деятельности Военно-морского флота на период до 2025 г. [5].

За последние несколько лет судовой состав системы ПСО ВМФ начал интенсивно обновляться. В соответствии с Концепцией [5] основным средством оказания помощи экипажам подводных лодок станут спасательные суда пр. 21300 (рис. 5), имеющие на вооружении самые современные технические средства, обеспечивающие выполнение глубоководных и водолазных работ на глубинах до 450 м. Предполагается построить несколько спасательных судов пр. 21300.

В 2015 г. на вооружение ВМФ поступили новые спасательные буксирные суда пр. 22870, катера пр. 23370 и 23040.



Рис. 5. Спасательное судно подводных лодок пр. 21300

До 2020 г. в дополнение к принятым в эксплуатацию планируется построить еще около 60 единиц современных спасательных судов и катеров. При сохранении нынешних темпов финансирования судовой состав системы ПСО ВМФ будет обновлен полностью к 2025 г.

В соответствии с Концепцией [5] планируется также создание многофункциональных спасательных судов дальней морской и океанской зоны, а также многофункциональных спасательных судов ближней морской зоны.

Учитывая создание МЧС России в Арктической зоне 10 комплексных аварийно-спасательных центров [6] и принимая во внимание климатические особенности этого региона большое внимание уделяется созданию и применению многофункциональных спасательных судов амфибийного типа на воздушной подушке и экранопланов.

Сложившаяся тенденция к созданию многофункциональных спасательных судов свойственна большинству аварийно-спасательных служб ФОИВ – ФБУ «Морспасслужба Росморречфлота», МЧС России и ВМФ.

Несмотря на наличие в аварийно-спасательных службах ФОИВ и в различных организациях ведомственных требований к спасательным судам, есть примеры использования одних и тех же проектов спасательных судов в различных ведомствах. Например, в ФБУ «Морская спасательная служба Росморречфлота» и в СПАСР ВМФ широко применяются рейдовые водолазные катера пр. А-160. Это подтверждает акту-

альность и необходимость гармонизации ведомственных технических требований к спасательным судам. Опыт проведения большинства аварийно-спасательных работ (1986 г. – теплоход «Нахимов», 1989 г. – АПЛ «Комсомолец», 2000 г. – АПЛ «Курск», 2010 г. – теплоход «Булгария» и многие другие) свидетельствует о том, что к выполнению поисковых и аварийно-спасательных работ привлекаются все спасательные суда и аварийно-спасательные формирования независимо от их ведомственной принадлежности.

Поэтому проблемным вопросом, необходимость решения которого диктуется сложными экономическими условиями в стране, является унификация всей номенклатуры спасательных судов аварийно-спасательных служб ФОИВ. Начинать целесообразно прежде всего с унификации существующих наименований классов и подклассов спасательных судов и катеров, которые даже в пределах одного ведомства не всегда соответствуют действующей классификации спасательных судов. Унификация судового состава должна заключаться в определении типоряда судов, решающих одинаковые (сходные) и специфические задачи, стоящие перед ФОИВ.

Так, например, целесообразно рассмотреть вопрос о создании проекта унифицированного спасательного буксирного судна ближней морской зоны, которое будет входить в состав Минобороны, Минтранса и Росрыболовства. В настоящее время различными проектными бюро разработано 5 проектов близких по своим характеристикам буксирных судов – 23470, 745, 02980, 22870 и др.

Проведение унификации судового состава позволит:

- снизить затраты на проектирование, строительство, модернизацию и ремонт судов, за счет уменьшения количества проектов;
 - снизить затраты на подготовку персонала, обеспечивающих их эксплуатацию;
 - уменьшить общее количество судов ПСО, входящих в состав аварийно-спасательных служб ФОИВ, за счет упрощения взаимодействия при проведении аварийно-спасательных работ.
- Для создания типоряда унифицированных судов, осуществляющих ПСО морской деятельности РФ, необходимо прежде всего внести изменения в руководящие документы федерального и ведомственного уровней в плане четкого разграничения ответственности каждого ведомства при ПСО морской деятельности РФ и выработки единой технической политики в данной области на государственном уровне, что имеет важное значение в современных экономических условиях. ■

Продолжение следует

Для повышения качества и безопасности ручного управления движением транспортным подвижным объектом, каким является корабль, рулевому в помощь часто предлагают аппаратные интеллектуальные средства – «советчик» судоводителю [1–3]. «Советчик» прогнозирует будущее состояние и поведение корабля, таким образом облегчая судоводителю принятие решений при управлении судном – подвижным транспортным объектом. Однако, несмотря на впечатляющие успехи в автоматизации

управления техническими средствами, не следует ожидать, что человек как звено систем управления, особенно в области управления водными транспортными средствами [1–7], в ближайшем будущем будет полностью заменен автоматикой. Это обусловлено тем, что живучесть является одним из наиважнейших качеств корабля (судна), особенно современных высокоавтоматизированных, с малым числом личного состава, в том числе судов, оснащенных бортовыми и судовыми системами управления посадкой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Опыт создания лазерных створов, результаты исследований и натурных испытаний при навигации судов, управляемых человеком, в условиях речных (р. Нева,) и морских (порты Балтики и Черного моря) акваторий приводит авторов настоящей работы к выводу, что для оптимального реального функционирования систем оптической и лазерной навигации, ориентирования и проводки судов, возможно и других транспортных средств, по лазерным или светодиодным створам – указателям курса движения корабля или БПЛА – необходим учет не только адаптивных способностей человека, но и его психофизиологических факторов восприятия. Один из факторов предельного уровня безопасного восприятия – наличие установленных санитарными производственными нормами безопасных для глаза – анализатора информации и датчика системы оценки навигационной обстановки – уровней лазерного и светового облучения.

Наличие предельного уровня светового облучения глаз человека на минимальной дистанции наведения корабля в сильной степени ограничивает предельно возможный диапазон и дальность действия средств оптической навигации. Простейший путь увеличения дальности действия лазерных инструментальных средств – повышение мощности светодиодного и лазерного курсора или створа – указателя рекомендуемой траектории движения корабля или летательного аппарата. Разрешению этого противоречия – обеспечению наибольшей дальности действия лазерного курсора–указателя с соблюдением требований, норм и правил техники безопасности на минимальной дистанции управления судном по рекомендуемой траектории – и посвящена данная работа. Ниже проводится анализ одного из вариантов решения этой проблемы – динамического управления в реальном времени уровнем облученности глаз человека (судоводителя) как специфического зрительного анализатора – звена системы управления подвижным транспортным средством на основе принципа оптической локации [8, 9].

В работах, посвященных управлению параметрами, например [8–14], в том числе мощностью оптического излучения, не рассматриваются вопросы, связанные с решением проблемы совместимости требований физиологии человека с наилучшим применением аппаратных лазерных средств наведения подвижного объекта. Другими словами, не принято во внимание специфичность психологии

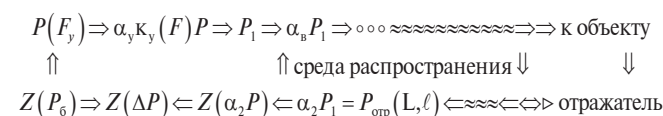
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ УКАЗАТЕЛЕЙ ВЫСОКОТОЧНОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ

*С.М. Слободян, д-р техн. наук, доцент, проф.,
А.А. Цутин, канд. техн. наук, доцент,*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
контакт. тел. 8 (495) 319 2339, 8 (952) 886 7224*

и зрительного восприятия оптического излучения оператором. Для успешного расширения областей применения оптических курсоров высокоточного ориентирования при навигации объектов – мобильных средств учет реакции человека на оптическое или лазерное излучение необходим. Так при приближении объекта навигации к лазерному курсору–указателю курса облученность или освещенность глаз оператора–судоводителя, управляющего кораблем, возрастает с уменьшением расстояния по квадратичному закону. Это нарушает комфорт восприятия излучения курсора–указателя направления движения, раздражает оператора и затрудняет применение эффективных средств активной лазерной и оптической навигации и ориентирования подвижных объектов, судов или летательных аппаратов.

Принцип метода управления величиной облучения объекта наведения, управляемого человеком с включением подвижного объекта в контур ранжирования управления уровнем мощности светового излучения курсора может быть представлен следующей графической схемой:



В данной последовательности прохождения информационного (оптического и электрического) сигнала для алгоритма повышения безопасности оптического высокоточного ориентирования $P(F_y)$ – мощность источника излучения лазерного курсора; $F_y = \kappa_y(F)$ – функция управления мощностью излучения курсора; $P_1 = \alpha_y \kappa_y(F) P$ – мощность излучения на выходе оптического элемента, управляющего величиной оптического сигнала; α_y и $\kappa_y(F)$ – коэффициент и функция управления величиной оптического сигнала; $\alpha_b P_1$ – мощность оптического излучения курсора; α_b – коэффициент передачи выходных оптических элементов курсора (защитного окна, формирующей световой пучок оптики и т. п.); $\alpha_2 P_1 = P_{\text{отр}}(L, \ell)$ – мощность отраженного излучения объектом наведения, падающая на вход фотоприемника светового курсора; $\alpha_2 = f(\kappa_{\text{фп}}, \alpha_{\text{атм}}, \alpha_{\text{отр}})$ – коэффициент передачи или преобразования светового сигнала, пропорциональный усилению фотоприемника $\kappa_{\text{фп}}(\alpha_2 P / P_{\text{отр}})$; $\alpha_{\text{атм}}(L)$ и $\alpha_{\text{отр}}(L)$ – ослабление, вносимое средой распространения (функция удаления объекта и геометрии оптической схемы) и отражателем (функция его размеров и геометрии); $Z(\alpha_2 P)$ – выходной сигнал фотоприемника; $Z(P_6)$ – сигнал, пропорциональный установленному стандарту безопасному уровню оптической облученности глаза излучением; $Z(\Delta P)$ – величина отклонения значения светового сигнала, принимаемого створом от установленного стандартом безопасного для глаза уровня облучения; $\kappa_y(Z_{\Delta P})$ – коэффициент передачи элементов тракта формирования сигнала управления – элементов

регулирующих мощность излучения источника света или элементов оптического тракта и изменяющих при этом коэффициент передачи оптического излучения [10–14].

Рассматриваемый метод формирования процесса управления мощностью облучения объекта реализуется введением в структуру оптического указателя курса – створа дополнительного контура обратной связи, содержащего пассивный линейный элемент – оптический отражатель с коэффициентом передачи ≤ 1 установленный на подвижном объекте [8,9]. Контур обратной связи включается автоматически в момент облучения объекта световым лучом на предельно достижимой для автоматики дистанции обнаружения объекта, когда поток облучения объекта и глаз оператора весьма мал. В общем случае контур обратной связи содержит нелинейный элемент – устройство управления распределением интенсивности – плотности пространственного распределения мощности оптического излучения в пространственно ограниченном световом пучке. Управление мощностью лазерного излучения створа может быть выполнено разными путями. Первый путь – управлением параметрами источника оптического излучения курсора, например, плотностью распределения световой мощности в узком пучке указателя посредством управления его расходимостью, а именно, изменением фокусного расстояния пучка [10,11,13,14]. Второй – изменением коэффициента пропускания тракта передачи светового излучения в структуре курсора. Во втором варианте для управления пропусканием оптического тракта створа полезно использовать, например [14], изменения свойств поляризации лазерного излучения; для расширения динамического диапазона управления – нелинейные свойства электрооптических кристаллов. Конкретные решения устройств управления мощностью светового излучения ниже не рассматриваются; считается [10–14], что быстрдействие управления параметрами светового пучка намного превышает скорость реакции глаза на световое воздействие, т. е. выполняется в реальном времени.

Для повышения быстрдействия управления величиной уровня облучения объекта световым пучком в основу рассматриваемого алгоритма положено сочетание управления мощностью излучения не- или стабилизированного лазера [8–13] с внешним контуром, включающим как звено контура управления сам объект навигации с уголковым или, адекватным ему с точки зрения обращения фронта световой волны, зеркально-линзовым отражателем [9], установленным на объекте навигации, т. е. с активным внешним элементом контура управления мощностью светового излучения указателя курса. Контур управления мощностью излучения курсора активизируется с момента появления объекта навигации в поле его действия за счет включения объекта в цепь обратной связи контура. В отсутствии корабля – объекта навигации в поле действия курсора контур управления мощностью светового излучения разомкнут. Указатель курса генерирует максимальную мощность светового излучения в пучке, обеспечивая, таким образом, наибольшую дальность действия курсора инструментального средства навигации корабля.

В известных устройствах и моделях световых и лазерных курсоров [2–7] в качестве основы управления формированием мощности светового излучения положен критерий постоянства мощности передачи оптического излучения во внешнюю среду. В настоящей работе, в отличие от известных, за основу принят критерий дистанционного динамического ранжирования уровня световой облученности объекта навигации, безопасного для глаз оператора, управляющего объектом.

Для низкоскоростных объектов навигации динамику процесса управления мощностью облучения объекта –

судна – световым створом в первом приближении можно рассматривать в статическом, «замороженном», режиме. Поэтому при малой скорости перемещения объекта расстояние в интервале времени между двумя моментами облучения объекта – судна сканирующим пучком светового створа типа «бегущий огонь» [2–4] или на интервале такта оценки отклонения величины отраженного сигнала, определяющего тактовый интервал оценки мощности сигнала, не сканирующего светового указателя, меняется несущественно. Это значит, что анализ идет при допущении малости изменения принимаемой створом мощности отраженного оптического сигнала на интервале времени между двумя смежными выборками сигнала. Тогда в основу алгоритма управления мощностью облучения объекта (следовательно, и глаза оператора) световым пучком указателя направления – створа с активным контуром обратной связи для регулирования выходной мощности, например, линейно поляризованного излучения путем управления взаимной угловой ориентацией скрещенных поляроидов, может быть положен монотонный закон управления выходной мощностью источника оптического излучения.

Применим для стабилизации уровня облучения объекта световым пучком створа в контуре обратной связи закон управления мощностью светового излучения $\ddot{Z} + U = 0$ с управляющим прозрачностью оптического тракта воздействием вида

$$U = \kappa_y^2 Z + 2\kappa_y \dot{Z}.$$

Дифференциальное уравнение, решение которого определяет характер изменения закономерности процесса управления мощностью излучения створа, примет вид

$$\ddot{Z} + 2\kappa_y \dot{Z} + \kappa_y^2 Z = 0.$$

Корни его решения относительно κ_y для выбранной рабочей точки Z_0 , соответствуют среднему уровню диапазона регулирования светового потока:

$$Z = [Z_0 + (\dot{Z}_0 + \kappa_y Z_0)t] \exp(-\kappa_y t);$$

$$\dot{Z} = [\dot{Z}_0 - \kappa_y (\dot{Z}_0 + \kappa_y Z_0)t] \exp(-\kappa_y t).$$

Выполнение в системе уравнений условия $\dot{Z}_0 = -\kappa_y Z_0$, упрощает решение:

$$Z = Z_0 \exp(-\kappa_y t);$$

$$\dot{Z} = \dot{Z}_0 \exp(-\kappa_y t).$$

Отсюда

$$\kappa_y = -\dot{Z} / Z \text{ и } U = \kappa_y \dot{Z}.$$

Полученное решение говорит о том, что отклонение значения сигнала будет соответствовать величине превышения выходной мощности излучения пучка створа относительно уровня световой мощности определяемой требованиями санитарных норм безопасности. Следовательно, величина этого отклонения определяет значение сигнала управления (рис. 1), для необходимой меры изменения мощности светового сигнала луча створа, и закономерность требуемого изменения уровня облучения объекта навигации, плавно изменяющегося во времени по экспоненте $\exp(-\kappa_y t)$, определяющей процесс апериодического управления уровнем выходной мощности светового указателя курса с нулевым перерегулированием. Экспоненциальный закон управления как плавное воздействие отрабатывается устройствами управления мощностью излучения пучка указателя без возникновения колебаний процесса в элементах регулирования степени прозрачности оптического тракта и мощности лазера. Закономерность изменения мощности в координатах $(Z; \dot{Z})$ линейная. Диапазон изменения коэффициента передачи оптического тракта указателя ограничен величиной $U_{\max} \geq |\dot{Z}^2 / Z|$.

Найденная решением системы уравнений закономерность процесса управления облучением объекта обеспечивает изменение мощности излучения от максимального до нулевого, т. е.

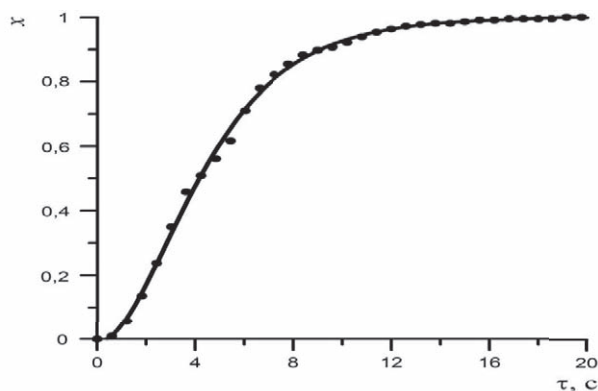


Рис. 1. Типичный вид закона изменения сигнала управления устройством управления мощностью пучка лазерного створа (x – скорость снижения мощности, отн. ед.; τ – время, отн. ед.) – графическая иллюстрация поведения нормированного решения системы дифференциальных уравнений управления мощностью: сплошная линия – теоретическая; точки – данные эксперимента

до полного подавления светового сигнала. При малом значении k_y время переходного процесса установки требуемой мощности светового излучения может быть большим. Это приводит к необходимости ограничения минимального значения k_y . Увеличение коэффициента передачи контура управления облучением объекта для повышения быстродействия должно быть согласовано с уровнями установки ограничений на управление. Превышение установленного ограничения может привести к нарушению монотонности управления, так как при неизвестных реальных условиях трудно предположить, будет ли строгое выполнение ограничений на управление [5]. Описанный метод реализует пропорциональный закон управления мощностью оптического излучения указателя направления (створа, курсора).

Закономерность процесса управления мощностью оптического пучка, представленная решением приведенной выше аналитической системой уравнений, дает, например, при многомерном управлении, возможность управлять, наряду с опорным уровнем начальной установки мощности излучения, фокусировкой лучей указателя курса – створа в качестве канала оптимального управления мощностью для повышения быстродействия всей системы ориентирования корабля в целом. Это важно для снижения влияния высокочастотных составляющих спектральной плотности распределения флуктуаций мощности, из-за случайных смещений центра тяжести лучей, в том числе обусловленных стохастическим процессом перераспределения «спекл» – пятен внутри пучка, которое вызвано динамикой конвективного и ветрового переноса атмосферных вихрей порядка внутреннего масштаба турбулентности через область светового пучка. Этот же сигнал управления может быть использован в контуре управления продольной фокусировкой светового пучка и в контуре компенсации влияния низкочастотной рефракционной составляющей суточного хода показателя преломления атмосферы при визуальном ориентировании по лазерным створам.

Таким образом, в работе предложен вариант решения проблемы увеличения дальности действия оптических средств инструментальной и визуальной навигации подвижных объектов, управляемых оператором, с соблюдением норм санитарной лазерной безопасности – путь динамического в реальном времени регулирования уровня облученности глаз человека как специфического зрительного анализатора оператора – звена системы управления подвижным транспортным средством на основе принципа оптической локации по критерию динамического ранжирования уровня облученности объекта, безопасного для глаз оператора, управляющего подвижным объектом. Рассмотренный вариант повышения безопасности

применения лазерных методов высокоточного ориентирования может быть использован для совершенствования технических путей обеспечения точного приведения БПЛА на посадочное устройство движущегося судна в условиях качки и динамических ветровых воздействий.

ВЫВОДЫ

Найден закон управления лазерным облучением подвижного объекта навигации, обеспечивающий изменение мощности излучения от максимального до нулевого уровня, т. е. до полного подавления лазерного сигнала. Экспоненциальный закон управления мощностью лазерного луча створа, представленный решением системы аналитических уравнений, дает возможность управлять, наряду с опорным уровнем начальной установки мощности лазерного излучения, фокусировкой лазерных лучей створа в качестве канала оптимального управления (усиления/ослабления) его мощности для повышения быстродействия всей системы в целом при визуальном и инструментальном определении положения надводного подвижного объекта в процессе многомерного управления. Показано, что канал управления может быть использован как контур управления продольной фокусировкой лазерных лучей створа и как контур компенсации влияния низкочастотной рефракционной составляющей суточного хода показателя преломления атмосферы в визуальном лазерном створе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко Л. М., Острецов Г. Э. Метод управления движением корабля с «светчиком» судоводителю // Морской вестник. – 2010. – № 2. – С. 39–40.
2. Слободян С. М., Цутин А. А. Лазерные средства навигационного оборудования для ориентирования подвижных объектов. – М.: Мэйлор, 2013. – 166 с.
3. Слободян С. М., Цутин А. А. Лазерные навигационные системы наведения автономных транспортных средств // Зарубежная радиоэлектроника. – 1988. – № 6. – С. 13–20.
4. Слободян М. С., Слободян С. М., Цутин А. А. Широкоформатный лазерный створ // Изв. Томского политех. ун-та. – 2007. – Т. 311. – № 2. – С. 34–39.
5. Слободян С. М. Телевизионная диагностика лазерных пучков. – Барнаул: Азбука, 2006. – 224 с.
6. Цутин А. А., Слободян С. М., Шаталова Е. А. Информационные и психофизиологические аспекты восприятия судоводителями принципов лазерной навигации при проводке судов // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5/3. – С. 94.
7. Они же Многофункциональные визуально-инструментальные лазерные навигационные комплексы морского применения // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5/3. – С. 102–103.
8. Слободян С. М., Галахов В. Н., Сазанович В. М. Следящая система с диссектором для измерения угловых флуктуаций оптического пучка // Приборы и техника эксперимента. – 1980. – № 4. – С. 192–194.
9. Лукин В. П., Сазанович В. М., Слободян С. М. Случайные смещения изображения при локации в турбулентной атмосфере // Изв. вузов. Радиофизика. – 1980. – № 6. – С. 721–729.
10. Мотошкин В. В., Слободян С. М. Спектральные свойства вариофокального мембранного зеркала // Приборы и техника эксперимента. – 1984. – № 4. – С. 156–158.
11. Слободян М. С., Слободян С. М. Консольный пьезопровод // Датчики и системы. – 2003. – № 3. – С. 47–48.
12. Волков В. Ф., Пешель А. К., Слободян С. М., Тырышкин И. С. Регистрация импульсного лазерного излучения фотоприемником на основе матрицы ПЗС // Приборы и техника эксперимента. – 1981. – № 6. – С. 176–178.
13. Арутюнов В. А., Слободян С. М. Исследование ПЗС-датчика волнового фронта адаптивно-оптической системы фокусировки излучения // Приборы и техника эксперимента. – 1985. – № 1. – С. 160–162.
14. Слободян С. М. Диссекторные гетеродинные системы // Зарубежная радиоэлектроника. – 1986. – № 6. – С. 62–72. ■

Следует отметить, что критерий, в соответствии с которым осуществляется списание судов, имеющих высокий риск аварии, является одним из важнейших, так как это связано с человеческой жизнью [2].

В 2000 г. в статье проф. Г.В. Егорова [4] впервые был дан анализ риска судов ограниченного района плавания (СОРП) на основании данных с 1993 по 2000 г. (в 2002 и 2010 гг. материал был дополнен в статьях [5, 6]). В статьях [4–6] использовалась формализованная классификация последствий на морском и водном транспорте, предложенная проф. Г.В. Егоровым на основе «Международного кодекса проведения расследований аварий и инцидентов на море», 1997 года.

В 2011 г. автором была предложена расширенная классификация последствий [1], которая впоследствии успешно применялась при анализе риска эксплуатации судов различного назначения внутреннего и смешанного плавания (СВП и ССП) [7, 8].

Известно, что главные размерения оптимальных СВП и ССП назначаются максимально приближенными к габаритным ограничениям тех водных путей, для которых они предназначены. Однако в связи с известной проблемой мелководности часто нельзя выбрать такие габариты в плане (по длине и ширине единого корпуса). Действительно, трудно представить себе единое судно длиной, например, от 180 до 280 м при осадке 2,50 м (и соответствующей этой осадке малой высоте борта). Поэтому обычным инженерным решением являются толкаемые составы и составные суда, т.е. несколько судов, состав из которых, соединенный теми или иными сцепными устройствами, отвечает максимальным возможностям пути. Следовательно, в условиях сегодняшнего маловодья крайне актуальной является проблема создания новых барже-буксирных составов (ББС) внутреннего и смешанного плавания.

Целью статьи является анализ происшедших с 1991 г. аварий с отечественными ББС, буксирами и баржами. При этом рассмотрены происшествия, которые связаны с корпусом и устройствами, а также с пожарами и взрывами.

Вопросам создания и эксплуатации отечественных сцепных устройств много внимания уделено в [11]. Современное состояние отечественных сцепных устройств представлено в [14]: средний возраст судов, оборудованных автоматическими сцепными устройствами, превышает 30 лет. Основными эксплуатируемыми на реке сцепными устройствами являются устройства типа УДР-100 (23%, средний возраст – 27 лет), УДР-25 (21%, средний возраст – 26 лет), Р-20 (12%, средний возраст 30 лет) и О-200 (11%, средний возраст – 24 года). Средний возраст более 70% всех существующих отечественных автоматических сцепных устройств превышает срок их службы, равный 25 годам.

Кроме того, необходимо подчеркнуть, что основным районом эксплуатации ББС в советское время были внутренние водные пути, это отразилось на разработанных и произведенных сцепных устройствах. Существующие отечественные

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ БАРЖЕ-БУКСИРНЫХ СОСТАВОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

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

сцепные устройства, реализованные и поставленные на ББС, не позволяют эксплуатировать их в районах с волнением высотой более 2,0 м и ориентированы максимально на бассейны разряда «В1» [12] или «О» [13]. НПО «Судоремонт» разработало автоматические сцепы типа «М-5000» (1986 г.), «УМ-6500» (1995 г.) для бассейнов разряда «М» и «М-СП» (высота волны 3 и 3,5 м соответственно), анонсировано производство этих сцепов [10].

Зарубежные сцепные устройства часто рассчитаны на эксплуатацию в морских условиях (за исключением США [9]), к их числу относятся устройства концепции ИТВ (жесткие сцепные устройства) и АТВ (полужесткие сцепные устройства) [15], позволяющие эксплуатировать ББС в различных морских районах, вплоть до неограниченного. Начиная с 1986 г. в СССР, а затем и в России, были попытки создать отечественное полужесткое сцепное устройство, образцы испытывались в опытно-порядке, но в эксплуатацию так и не были приняты [14].

Анализ риска эксплуатации отдельно ББС внутреннего и смешанного река-море плавания ранее не проводился и, учитывая распространенность судов данного типа на реках и повышение интереса к ББС, работающим в прибрежных районах, данное исследование представляется актуальным.

Согласно [4], по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно разделены на пять уровней последствий (табл. 1). Формальная оценка последствий обозначается величиной C , определяемой по 5-балльной шкале.

Всего было обработано 533 аварии и катастрофы с судами, находившимися под надзором Российского речного регистра (РРР). Суда имели ограничения по величине высоты волны 1%-ной обеспеченности $[h_{1\%}]$ от 0,6 до 2,0 м (СВП) и 3%-ной обеспеченности $[h_{3\%}]$ от 2,0 до 3,5 м (ССП).

В табл. 2 приведена предложенная в [4] и расширенная краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности ББС.

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как $F_{AB} = N_1 / N_{AB}$, частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий $C = 4$ и $C = 5$ $F_{КАТ} = N_1 / N_{КАТ}$, где N_1 – число аварийных ситуаций, где имела место i -я опасность, N_{AB} – количество всех изучаемых аварий, $N_{КАТ}$ – количество катастроф.

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей

Классификация последствий аварий и аварийных ситуаций с ББС

Таблица 1

Уровень последствий C	Кол-во рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие		Повреждение технических средств
		На людей	На окружающую среду	
1 – Light Incident	113	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	79	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	95	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	197	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	49	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

Идентифицированные опасности для судов внутреннего и смешанного река-море плавания

№	Опасность	$F_{AB}, \%$	$F_{КАТ}, \%$
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	96,1	92,7
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	7,1	10,6
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	62,5	76,0
1.3	Нарушение технологии при выполнении построечных, ремонтных и модернизационных работ	60,6	48,4
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	68,7	63,0
1.5	Ошибки проектировщиков	4,5	6,1
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	14,1	4,9
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	9,2	9,3
1.8	Не выполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	4,3	8,5
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	2,4	2,4
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	8,6	6,5
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	14,3	0,8
1.12	Неисправности и выход из строя сцепного устройства	4,7	7,3
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	25,9	38,2
2.1	Перевозка металлолома	12,0	20,3
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	1,9	0,4
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	13,3	22,0
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	21,4	32,1
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	96,8	100,0
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,8	0,8
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	8,8	11,0
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	6,8	10,2
3.4	Навигационные ошибки	28,7	38,6
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	36,2	46,7
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	39,4	43,5
3.7	Ошибка прогноза	29,6	43,5
3.8	Перегруз судна	4,5	6,5
3.9	Смена судовладельца	12,9	17,5
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	4,9	8,9
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	3,0	5,7
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	18,9	16,3
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	78,0	85,0

имеет $F_{КАТ} > F_{AB}$, что свидетельствует об их значительной роли в увеличении степени тяжести последствий событий.

Среди них – водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкие к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность), опасность 2.1 – перевозка металлолома и опасность 2.3 – применение грейферов.

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении ремонта (опасности 1.3, 1.7, 1.12, 3.6) и дефектации (опасность 1.4), при эксплуатации судна (опасности 3.4, 3.6, 3.13), а также при проектировании (опасность 1.5).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход СВП и ССП из классических структур пароходств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасности 3.10, 3.11, 3.12, 3.13).

СВП и ССП в связи с их пониженным стандартом прочности, имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектному росту усилий на тихой воде и на волнении (опасности 1.1, 3.2, 3.3, 3.7, 3.8) отражаются на тяжести последствий воздействия этих опасностей на корпус СВП и ССП.

СВП и ССП работают в тяжелых условиях мелководья и

частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой (ССП), что повышает весомость опасности 3.5, так как она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Обобщенные данные табл. 3 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (для случаев с $C = 1$, $C = 2$ и $C = 3$ примеры анализа приведены в табл. 3, для случаев с $C = 4$ и $C = 5$ – в табл. 4).

Все из рассмотренных 533 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении, а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

В табл. 3 и 4 для каждой опасности указан по 3-балльной шкале коэффициент относительной ответственности (весомости). По результатам исследования методами теории риска каждого происшествия назначались: балл 3 – опасность прямого действия, непосредственно приведшая к аварии; балл 2 – опасность косвенного действия, вызвавшая к жизни опасности с баллом 3; балл 1 – фоновые опасности, оказавшие неблагоприятное воздействие на ситуацию.

Для каждой опасности был определен обобщенный уровень риска ББС R , который определялся как произведение

Идентификация и последствия опасностей, способствовавших авариям ББС (примеры)

№ п/п	Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [h _{1(3)%}]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																											Описание последствий				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	Формализованный уровень последствий (С)		
1	Пр. 758, ОТ-830, 1960, 37 лет, 05.08.1997, [h _{1%}] = 2 м		2	1	1		1	1													2	3				1					Затоплено МО из-за пролома обшивки о подводный предмет (3)		
2	Пр. 758Б, ОТА-961, 1977, 19 лет, 14.03.1996, [h _{3%}] = 3 м		1	3	1			1			2															1					Затоплено МО. Нарушение Правил РРР по судовым системам (3)		
3	Пр. 81218, МП-1431, 1993, 8 лет, 20.09.2001, [h _{1%}] = 1,2 м	1	3		1				2										2							2				2	Затонул при маневре. Нарушение ЭТД и ИО (3)		
4	Пр. 887А, Рейдовый-107, 1973, 19 лет, 08.09.1992, [h _{1%}] = 1,2 м			2																			3	2	1					1	Затонул из-за пробоины в днище после удара о подводное препятствие на судовом ходу. Неудовлетворительное содержание пути (3)		
5	Пр. 944А, БРП-316, 1984, 22 года, 09.08.2006, [h _{1%}] = 1,2 м		2																	2					2		1			3	2	Затоплены отсеки более чем на 1 м. Судно лежит на грунте. Нарушение условий отстоя (2)	
6	Пр. Р-96, БМ-12, 1981, 11 лет, 07.09.1992, [h _{1%}] = 1,2 м		1	3			2					1																		1		Затоплена кормовая часть при стоянке на швартовых (3)	
7	Пр. Р-103А, Рейдовый-23, 1984, 12 лет, 17.10.1996, [h _{1%}] = 2 м			1						2																1				3		Затонул. Нарушение ЭТД при швартовке у баржи (3)	
8	Пр. 112, Дунайский-22, 1962, 39 лет, 27.12.2001, [h _{1%}] = 2 м		1		1																						2			2	3	Пожар на зимнем отстое (1)	
9	Пр. 780, Агитатор, 1963, 43 года, 11.07.2006, [h _{1%}] = 2 м		1	2			1	1			1																				3	Возгорание и задымление кабеля (1)	
10	Пр. 07521, МБ-1214, 1988, 8 лет, 03.12.1996, [h _{3%}] = 3 м				2		1																								3	Пожар в МО и мастерской (2)	
11	«Портовый-525», 1936, 56 лет, 14.10.1992, [h _{1%}] = 1,2 м		1	3			1	1																			1				3	Взрыв и пожар на камбузе (2)	
12	Пр. 112, Дунайский-10, 1960, 32 года, 16.11.1992, [h _{1%}] = 2 м		2	1																		2	3								2	Деформация корпусных конструкций. Эксплуатация в ледовых условиях (2)	
13	Пр. 183БМ, МС-1, 1984, 19 лет, 29.04.2003, [h _{1%}] = 1,2 м			1	1											2	3							2							1	Деформация корпусных конструкций. Нарушение ИПВ (1)	
14	Пр. СК-2000КТ, СК-2093, 1988, 4 года, 23.06.1992, [h _{1%}] = 1,2 м		2	1	1																		3							3	2	Многочисленные деформации корпусных конструкций. Неудовлетворительные условия отстоя (2)	
15	Пр. Н3181, Татьяна Брамзина, 1983, 20 лет, 27.01.2003, [h _{3%}] = 2 м				1					2												2	3		2						1	Повреждение привального бруса во время шторма. Неисправность брашпиля (2)	
16	Пр. 183А, БРП-177, 1963, 42 года, 23.10.2005, [h _{1%}] = 1,2 м		1				1	1								3																2	Повреждение аппарели. Нарушение инструкции по выгрузке (2)
17	Пр. 428, Капитан Очеретько, 1970, 31 год, 13.08.2001, [h _{1%}] = 2 м			1	2							3																					Поломка гребного вала. Усталость металла (1)
18	Пр. СК-2000К, СК-2052, 1979, 23 года, 02.07.2002, [h _{1%}] = 1,2 м			2	1		1					3									3	2		2							2	Разрушение гидроцилиндров РУ, задиры баллеров и гелемпортных втулок. Некачественный ремонт (2)	
19	Пр. Р-85, 2540, 1981, 14 лет, 08.06.1995, [h _{1%}] = 2 м	1		1									2							3		3			2						2	Поломка сцепного устройства. Нарушение условий плавания (2)	
20	Пр. Р-85А, 2566, 1985, 14 лет, 07.05.1999, [h _{1%}] = 2 м	1		1									2								3		3		2						2	Повреждение сцепного устройства. Нарушение условий плавания (1)	

Идентификация и последствия опасностей, способствовавших катастрофам ББС (примеры)

№ п/п	Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [h _{1(3)%}]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																												Описание последствий		
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	Формализованный уровень последствий (С)	
1	Пр. 112, Дунайский-46, 1964, 44 года, 05.11.2008, [h _{1%}] = 2 м		2	1	1			1			1											2	3		1					1	Затонул от полученной пробоины в днище, уклонение от судового хода (4)	
2	Пр. 183А, БСП-22, 1964, 38 лет, 19.09.2002, [h _{1%}] = 1,2 м	1	2		1															3					3		1				Затонул во время шторма. Нарушение условий плавания (5)	
3	Пр. 183ВМ, МП-3, 1992, 12 лет, 06.11.2004, [h _{1%}] = 1,2 м		2			2	2																		2		2		3		1	Опрокидывание и затопление. Эксплуатация баржи с водотечностью, перегруз, ошибка судоводителя, неутвержденное переоборудование (5)
4	Пр. 183ВМ, ТПС-643, 1981, 24 года, 17.07.2005, [h _{1%}] = 1,2 м		2																			2	3		1						2	Затонул. Судоводительская ошибка, погиб человек (5)
5	Пр. 378, РБТ-75, 1959, 35 лет, 14.11.1994, [h _{1%}] = 2 м																3					2	3		1				2		2	Опрокидывание и затопление во время буксировки (5)
6	Пр. 461Г, 7621, 1967, 40 лет, 06.09.2007, [h _{1%}] = 2 м	1	3	2	2			1	1														2	3								Под угрозой затопления (пробоина в днище) баржа была выброшена на берег (5)
7	Пр. 81109, БП-4, 1989, 2 года, 12.05.1991, [h _{1%}] = 2 м	1																		2	3				2							Затонул в результате сознательного взрыва в целях предотвращения разрушения дамбы (5)
8	Пр. 81210, МП-269, 1989, 18 лет, 02.10.2007, [h _{1%}] = 1,2 м		2														3						3	2		3	1				2	Опрокидывание и затопление. Нарушение инструкции по погрузке-выгрузке (4)
9	Пр. Р-33, Вилюй, 1968, 29 лет, 21.05.1997, [h _{1%}] = 1,2 м		2		1					2													3		1		1			3	2	Затонул во время ледохода. Оборваны швартовы и якорная цепь во время ледохода. Нарушение условий отстоя (4)
10	Пр. Р-96А, БТВ-307, 1980, 13 лет, 14.07.1993, [h _{1%}] = 1,2 м		2		1																		2	3	1	3						Затонул. Судоводительская ошибка, ударился о затонувшее судно и получил пробоины при сильном ветре на рейде Якутского порта (5)
11	Пр. 2244, Гага, 1951, 51 год, 18.10.2002, [h _{3%}] = 3 м		1					1							2									3			2				3	Взрыв и пожар. Умышленный подрыв, 2 человека погибли, 4 травмированы (5)
12	Пр. ЛБК-1800, 1823, 1962, 35 лет, 10.01.1997, [h _{1%}] = 1,2 м		1	1	2																			3	2	2					2	Перелом корпуса при посадке на мель, сорвало со швартовых (4)
13	Пр. Р-29, БО-23, 1972, 26 лет, 11.06.1998, [h _{1%}] = 2 м		1	2	2																	3	2		1						2	Перелом корпуса. Судоводительская ошибка (4)
14	Пр. Р-56, МП-3000, 1968, 30 лет, 12.08.1998, [h _{1%}] = 1,2 м		2	2									1		1						3	2	3		1						2	Перелом корпуса. Судоводительская ошибка, столкновение судов (5)
15	«Баржа-2998», 1941, 55 лет, 30.10.1996, [h _{1%}] = 1,2 м		2	2	2									1		1								3			2				2	Перелом корпуса. Нарушение ПТЭ (4)

вероятности возникновения опасности F на последствия воздействия указанной опасности на объект C . Условная вероятность F определялась по 5-балльной шкале (1 – частота возникновения в 0–20% аварийных случаях, 2 – 21–40%, 3 – 41–60%, 4 – 61–80%, 5 – 81–100%).

В табл. 5 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.

На основе данных табл. 5 были построены матрицы риска ББС: на рис. 1 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье и на рис. 2 – для катастроф.

Анализ рис. 1 и 2 позволяет сделать следующие выводы о

ранжировании опасностей:

- наибольшую опасность для ББС представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций) и 3.13 (нарушение Правил технической эксплуатации (ПТЭ) экипажем), существующий уровень риска данных опасностей относится к так называемой зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;
- опасности 3.4 (навигационные ошибки), 3.5 (столкновения), 3.6 (некачественная работа береговых служб) имеют достаточно высокий формальный уровень риска как по частоте, так и по последствиям, которые также относятся

Формальная оценка риска ББС

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	F	C	R	F	C	R
1.1	0,356	1,693	0,604	0,528	2,077	1,098
1.2	3,124	2,018	6,304	3,801	2,578	9,797
1.3	3,030	1,350	4,090	2,419	2,283	5,522
1.4	3,433	1,420	4,875	3,150	2,275	7,168
1.5	0,225	1,333	0,300	0,305	1,667	0,508
1.6	0,704	1,151	0,810	0,244	2,194	0,535
1.7	0,460	1,082	0,497	0,467	1,551	0,725
1.8	0,216	2,029	0,438	0,427	2,095	0,894
1.9	0,122	1,897	0,231	0,122	2,333	0,285
1.10	0,432	1,210	0,522	0,325	1,833	0,596
1.11	0,713	1,079	0,769	0,041	3,000	0,122
1.12	0,235	1,760	0,413	0,366	2,111	0,772
2.1	0,600	1,297	0,779	1,016	1,400	1,423
2.2	0,094	2,167	0,203	0,020	3,333	0,068
2.3	0,666	1,315	0,876	1,098	1,395	1,531
2.4	1,069	3,456	3,696	1,606	4,127	6,626
3.1	0,038	1,000	0,038	0,041	1,333	0,054
3.2	0,441	2,844	1,254	0,549	3,741	2,053
3.3	0,338	3,315	1,119	0,508	3,813	1,938
3.4	1,435	2,403	3,449	1,931	2,944	5,684
3.5	1,811	3,114	5,638	2,337	3,913	9,146
3.6	1,970	2,071	4,081	2,175	2,816	6,125
3.7	1,482	1,677	2,486	2,175	1,931	4,201
3.8	0,225	3,583	0,807	0,325	4,146	1,348
3.9	0,647	1,647	1,066	0,874	1,961	1,714
3.10	0,244	2,859	0,697	0,447	3,061	1,369
3.11	0,150	3,292	0,494	0,285	3,524	1,003
3.12	0,947	2,904	2,752	0,813	3,892	3,164
3.13	3,902	2,045	7,980	4,248	2,557	10,860

к зоне «ALARP»;
– опасности 1.3 (нарушение технологии), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.7 (ошибка прогнозов) относятся к зоне «ALARP» вследствие высокой частоты возникновения;
– опасности 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.2 (нарушение ограничений), 3.3 (посадки на мель), 3.8 (перегруз), 3.11 (перегон, буксировка), 3.12 (отстой судна) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 4], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого», должны быть подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий) при любом уровне затрат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском ББС при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-технических мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (рис. 3) и распределение по годам (рис. 4).

На рис. 3 наблюдается устойчивый рост аварийности судов старше 14 лет с пиком аварий для судов с возрастом 22–25 лет (предшествующий период расчетному сроку эксплуатации судов).

Для сведений, средний возраст (на 1 января 2016 г.) составил в России: 4358 буксиров-толкачей – 38,0 лет; 4258 несамоходных сухогрузных судов – 34,3 года; 695 несамоходных наливных судов – 32,9 года. Аналогично средний возраст ук-

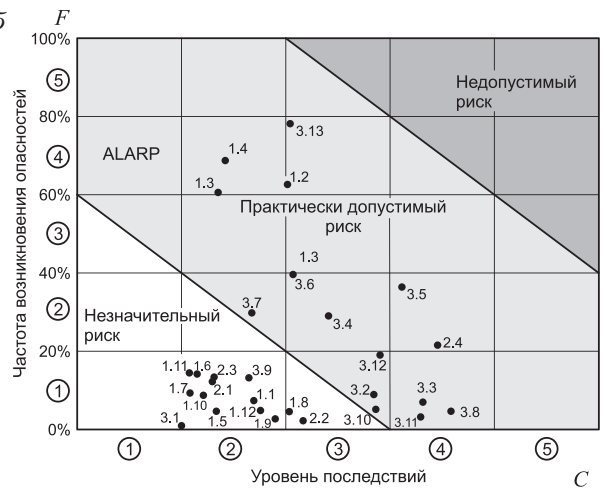


Рис. 1. Матрица риска ББС (для всех исследованных аварий)

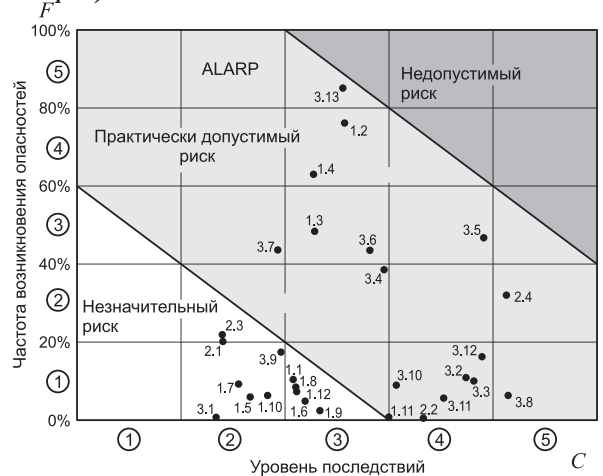


Рис. 2. Матрица риска ББС (для катастроф)

раинских судов равняется: 286 буксиров-толкачей – 43,5 года; 596 несамоходных сухогрузных судов – 28,5 лет; 32 несамоходных наливных судов – 38,0 лет.

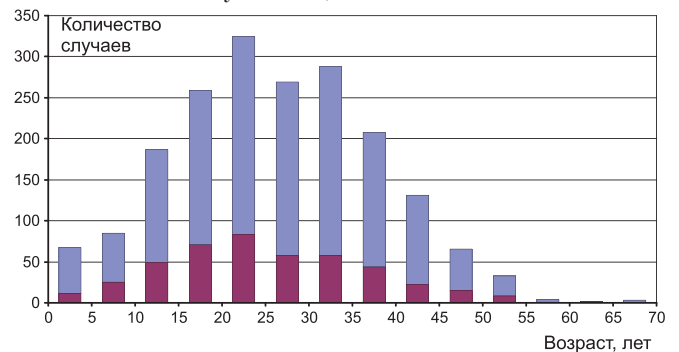


Рис. 3. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна: ■ – аварии; ■ – катастрофы

Рис. 4 позволяет отметить цикличность аварийных случаев. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 1991–1992 гг. (40 и 39 аварийных случаев в год), на 2005 г. (35 аварийных случаев) и на 2006 г. (36 аварийных случаев). В 2009 г. наблюдается спад количества аварийных случаев, однако это говорит не об уменьшении аварийности и принятых мерах безопасности, а о снижении интенсивности эксплуатации в связи с известными кризисными явлениями в экономике. Свидетельством этого служит повышение уровня аварийности в 2010–2012 гг. (в послекризисный период), когда перевозки водным транспортом стали выходить на докризисный уровень.

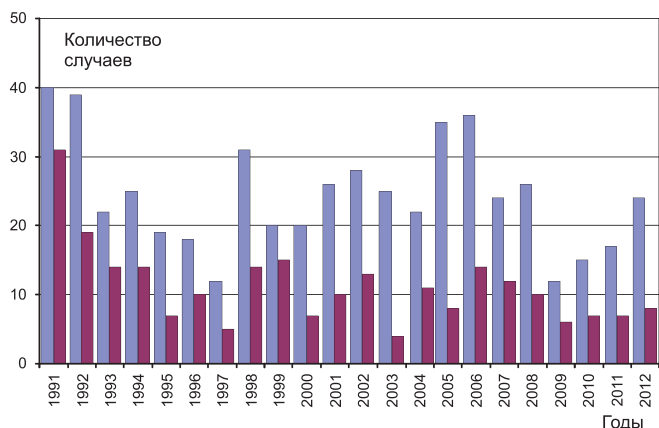


Рис. 4. Распределение количества аварий и катастроф по годам ■ – аварии; ■ – катастрофы

Интерес представляет также распределение по классам аварий (табл. 6). Графически роль различных классов аварий представлена на рис. 5–7. Как видно из табл. 6, при всех уровнях последствий роль затопления и повреждений корпуса практически одинакова – по 37 % от общего количества событий, на пожары и взрывы приходится порядка 10%, на повреждения устройства – 15,6%. При уровнях последствий $C = 1, 2, 3$ (аварии) основными являются повреждения корпуса (35,5% от всего числа) и повреждения устройств (28,9%). При уровнях последствий $C = 4$ и 5 (катастрофы) – затопление судна (60,4% из всех катастроф) и повреждения корпуса (37,8%).

Важной представляется относительная опасность класса аварии. В трех из четырех событий, связанных с затоплением, происходит гибель судна. Практически каждое второе судно с повреждением корпуса гибнет. На 100 аварийных случаев, связанных с пожарами и взрывами, приходится 10 катастроф. Не зафиксировано ни одного события, связанного с повреждением устройств, которое привело бы к гибели судна.

За рассматриваемый период всего было зафиксировано 7 аварийных случаев, связанных с поломкой или неисправностью сцепного устройства, вероятно, такие «незначительные» аварийные ситуации решаются на месте силами экипажа или путем замены сцепа во время докования и не попадают в официальную статистику.

Обращает на себя внимание больший по сравнению с самоходными судами процент катастроф, связанных с повреждением корпуса (46% против 30%). Обуславливается это тем, что «дешевая» грузовая секция (баржа) чаще всего остается без должного наблюдения со стороны судовладельцев, береговых служб и надзорных органов.

Следует также отметить, что имели место катастрофы, связанные с затоплением ББС в сцепленном состоянии. Основные причины – перегруз баржи, нарушение условий и района плавания и, как следствие, опрокидывание.

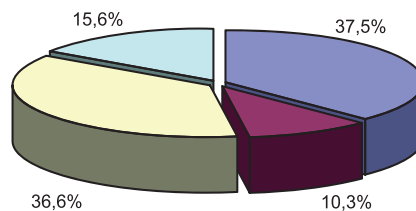


Рис. 5. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)

■ – затопление; ■ – пожары и взрывы; ■ – повреждения корпуса; ■ – повреждения устройств

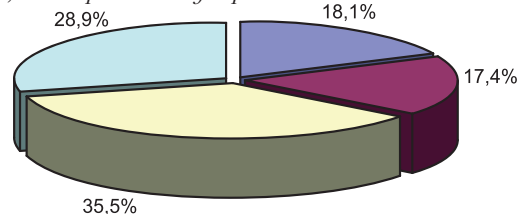


Рис. 6. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий $C = 1, 2, 3$)

■ – затопление; ■ – пожары и взрывы; ■ – повреждения корпуса; ■ – повреждения устройств

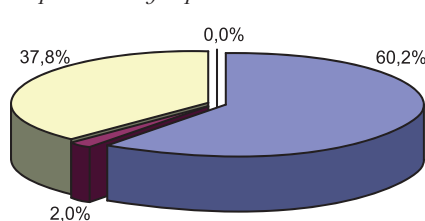


Рис. 7. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий $C = 4$ и 5)

■ – затопление; ■ – пожары и взрывы; ■ – повреждения корпуса; ■ – повреждения устройств

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследуемых судов наибольшую опасность могут представлять: из-за технического состояния – нарушение непроницаемости отсеков (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций), которое происходит в результате грузовых операций и навигационных ошибок (контакты со стенками шлюзов, посадки на мель и т.п.), коррозийных износов; вследствие человеческого фактора – нарушение Правил технической эксплуатации экипажем (в том числе, нарушение Инструкции по загрузке), ошибки прогноза погоды, некачественная работа береговых служб.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности ББС при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла этих судов, включая этапы

Таблица 6

Число различных аварий и катастроф

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Кол-во случаев всего, шт.	200	55	195	83	533
Кол-во случаев всего, %	37,5%	10,3%	36,6%	15,6%	100,0%
Аварии					
Кол-во случаев, шт.	52	50	102	83	287
Кол-во случаев, %	18,1%	17,4%	35,5%	28,9%	100,0%
Катастрофы					
Кол-во случаев, шт.	148	5	93	0	246
Кол-во случаев, %	60,2%	2,0%	37,8%	0,0%	100,0%
Опасность событий по классу					
Аварии / Общее число события, %	26%	91%	52%	100%	
Катастрофы / Общее число события, %	74%	9%	48%	0%	

классификации и разработки требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации. Необходим индивидуальный подход к существующим судам ББС, которые учитывали бы условия эксплуатации, перевозимые грузы, средства погрузки-выгрузки, габаритные ограничения водных путей и портов, ледовую обстановку, используемые сцепные устройства.

Таким образом, основные технические проблемы существующих отечественных ББС:

- возраст составов, превышающий расчетный срок эксплуатации в 24 года;
 - возраст самих сцепных устройств, превышающий срок службы в 25 лет;
 - ограниченность существующих сцепных устройств по высоте волны, что не позволяет эксплуатировать существующие составы методом толкания в речных бассейнах разряда «М» и выше и в морских ограниченных районах (несмотря на успешные экспериментальные рейсы ББС, состоящих из барж пр. 004ROB05 и буксиров-толкачей типа ОТ-2000, и эксплуатацию ББС, состоящих из барж пр. NBL-90 и буксиров-толкачей пр. POSS-115, в Днепро-Бугском лимане).
- Согласно [3], на этапе проектирования и постройки рекомендуется:
- уменьшение рамной шпации при поперечной системе набора с целью избежания излишних деформаций от груза в виде «горок», ударов грейфером, нагрузок при шлюзовании и контактах с грунтом;
 - запрещение применения однородного бортового набора без рамных шпангоутов и бортовых стрингеров;
 - запрещение применения продольных ребер жесткости (РЖ) палубы без рамных продольных связей (карлингсов);
 - запрещение сочетания поперечной и продольной систем набора у одного и того же пояса эквивалентного бруса;
 - обязательно подкрепление вырезов во флорах у продольных переборок второго борта;
 - запрещение обрыва продольных РЖ у поперечных переборок;
 - запрещение больших вырезов в продольных рамных связях, которые существенно снижают устойчивость этих связей и тем самым не дают в полной мере продольным рамным связям выполнять роль «жестких» (нередуцируемых) элементов эквивалентного бруса;
 - установка достаточного количества РЖ, обеспечивающих устойчивость стенок рамных продольных связей, особенно днищевых; при этом должна быть обеспечена адекватная толщина стенок этих РЖ (для сохранности в условиях повышенного износа в балластных танках);
 - установка привального бруса (при значительной высоте борта двух привальных брусев), перевязанного с бортовым стрингером.

На этапе эксплуатации:

- инструментальный контроль прочности при грузовых операциях;
- бортовые ПЭВМ с программами контроля загрузки и прочности корпуса, прогнозирования грузовых операций;
- подробные инструкции по загрузке, погрузке, выгрузке, балластировке с указанием усилий, возникающих в том или иной состоянии загрузки, с оценкой степени опасности и с указанием контрольных параметров – осадок на марках, уровень груза, балласта и запасов;
- применение электронных карт и средств автоматизированного определения координат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.Г. Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991–2010 годы // Проблемы техники. – 2011. – №1. – С. 3–30.
2. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
3. Егоров Г.В. Проектирование и постройка коастров и судов смешанного плавания. – Одесса: Изд-во журнала «Судостроение и судоремонт», 2008. – 128 с.
4. Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // Сб. науч. трудов УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000. – №5. – С. 49–59.
5. Егоров Г.В. Анализ аварий корпусов судов ограниченных районов плавания // Проблемы техники. – 2002. – №3. – С. 3–25.
6. Егоров Г.В. Исследование риска аварий корпусов транспортных судов ограниченных районов плавания за 1991–2010 годы // Вестник ОНМУ. – Одесса: Изд. ОНМУ, 2010. – Вып. 30. – С. 53–76.
7. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Исследование риска эксплуатации отечественных речных судов // Морской вестник. – 2011. – №3 (39). – С. 93–99.
8. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Надежность и риск повреждений корпусов танкеров типа «Волгонетф» // Тр. Крыловского государственного научного центра. – 2014. – №82 (366). – С. 5–16.
9. Егоров Г.В. Масштабная реализация преимуществ толкаемых составов на практике. Подходы, принятые в водном транспорте США // Судостроение. – 2011. – №2. – С. 18–21.
10. ИРЦ «Перспектива». <http://www.perspektiva-nn.ru/content/view/294/40/> (дата обращения 14.04.2016).
11. Лобастов В.П., Заякин В.Н., Котов Г.П. Разработка требований к сцепным устройствам толкаемых составов смешанного плавания: Науч.-техн. отчет, ч. I, II. – Нижний Новгород: РРР, 1999.
12. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания. – Т. 1. – Киев: Регистр судоходства Украины, 2005. – 36 с.
13. Правила Российского речного регистра. – В 4 т. – М.: По Волге, 2008.
14. Преснов С.В. Автоматические сцепные устройства эксплуатируемых толкаемых составов класса Российского речного регистра // Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2012. – №67 (351). – С. 109–116.
15. The Available Connection Systems. <http://www.oceantugbarge.com/about-the-atb/64-connection-systems?showall=1> (дата обращения 14.04.2016).. ■

Проблема возможного быстрого «опрокидывания» неаварийного судна на волнении характерна для рыболовных судов, судов вспомогательного флота, а также судов, осуществляющих различные грузоподъемные операции. Для любых аварийных судов (и кораблей), когда авария сопровождается быстрым затоплением ряда отсеков, также возможно быстрое «опрокидывание».

В обоих случаях оценка остойчивости осложняется неопределенностью данных о заполнении (затоплении или перетекании) отсеков судна.

В связи с указанными причинами предлагается оснащать суда системой, позволяющей анализировать данные об их посадке и качке и сигнализировать экипажу о приближении к опасному моменту возможного «опрокидывания».

На основании данных, получаемых от предлагаемой системы, в первом случае судоводитель может изменить параметры движения судна (или подъема груза), а во втором данные системы позволят предупредить судоводителя о необходимости пассажирам и экипажу срочно покинуть аварийное судно.

В качестве исходных данных для работы системы следует использовать:

- данные о теоретическом чертеже судна;
- данные о пантокаренах для различных посадок судна;
- данные о базовом состоянии загрузки;
- экспериментальные данные о демпфировании бортовой качки судна для базового состояния загрузки;
- теоретические расчеты амплитуд и ускорений бортовой, вертикальной и килевой качки на нерегулярном волнении для различных посадок судна и различных значений метацентрической высоты. Для ряда указанных параметров предварительно (до установки на судно) рассчитывается матрица амплитуд и ускорений, которая хранится в предлагаемой системе.

Под базовым вариантом загрузки можно принять состояние судна «на отход». Для данного состояния судна известны: водоизмещение; положение центра тяжести; данные о посадке судна; данные о качке судна.

Рассмотрим следующие сценарии формирования исходных данных для работы системы.

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА

А.Н. Суслов, д-р техн.наук, проф.,

зам. директора по науке ПКБ «Петробалт»,

В.Ю. Семенова, д-р техн.наук, проф. СПбГМТУ,

М.А. Кутейников, д-р техн.наук, нач. отдела ФАУ

«Российский морской регистр судоходства»,

контакт. тел. +7 (921) 915 5313

1. Прием (съем) «контролируемого» груза по отношению к базовому состоянию загрузки. В этом случае в систему могут быть введены веса и координаты центра тяжести измененных элементов нагрузки. Например, это случай приема или расходования определенного количества топлива или подъем конкретного груза.

Если на судне имеется грузовой компьютер, информация о текущем состоянии загрузки судна может быть передана из грузового компьютера прямо в систему оценки остойчивости.

Таким образом, в системе может быть откорректирована информация о базовом варианте загрузки.

2. «Неконтролируемый» прием груза или «неконтролируемое» аварийное затопление отсеков. Для определения текущей посадки судна можно использовать данные с датчиков осадки и угла крена. В связи с тем, что затопление отсеков происходит достаточно медленно, информация с датчиков осадки и угла крена может быть обработана с достаточной точностью (даже с учетом волнения и качки судна).

На основании этих данных о текущей посадке судна можно определить его водоизмещение и аппликату метацентра.

На основании данных, получаемых с датчика крена (дифферента) в режиме on-line, можно определить периоды, амплитуды и ускорения качки судна. Для этого нужно определить скорость «нарастания» угла крена (дифферента) и угол, при котором его значение переходит от возрастания к убыванию.

На основании данных о скорости ветра и данных с датчиков осадки (и угла крена) можно определить балльность волнения.

С использованием предварительно рассчитанной матрицы амплитуд и ускорений бортовой, вертикальной и килевой качки, а также данных о балльности волнения и посадке судна

можно определить периоды его качки на нерегулярном волнении, которые, в свою очередь, позволят определить значения текущих поперечной и продольной метацентрической высоты.

На основе указанных данных можно определить диаграмму статической остойчивости для текущего состояния загрузки и выполнить оценку собственных частот бортовой, вертикальной и килевой качки с целью проверки условия возникновения параметрического резонанса, частым последствием которого является опрокидывание (условие параметрического резонанса – собственная частота вертикальной качки равняется удвоенному значению собственной частоты бортовой качки).

Если вышеприведенное условие выполняется, то на основании использования диаграммы статической остойчивости рассчитываются амплитуды бортовой качки в режиме параметрического резонанса.

Далее, выполнив расчет запаса восстанавливающего момента судна (расчет может быть проведен аналогично расчету критерия погоды), можно определить момент приближения судна к опасному по критерию необходимого запаса остойчивости состоянию.

Кроме этого, использование датчиков осадки позволяет (в режиме on-line) оценить текущую остойчивость судна с учетом продолжительного положения судна на длинной волне. При этом данные с датчиков осадки анализируются за определенный (значительный для оценки) период времени.

Для визуализации расчета в системе предлагается на экран выводить информацию с датчиков посадки судна, данные о качке, о текущем положении судна на волне и диаграмму статической остойчивости судна с указанием реальных площадей кренящего и восстанавливающего моментов, а также предупреждение о приближении судна к опасному состоянию остойчивости. ■

Предметом настоящего исследования является линейное судоходство и, в частности, линейные конференции. Многочисленные определения линейного судоходства при всей их схожести грешат одним и тем же – они не содержат указаний на авторитетные первоисточники. Представляется целесообразным остановиться на определении линейного судоходства, которое было дано в Конвенции ООН о Кодексе поведения линейных конференций (далее – Кодекс [1]) и Рекомендациях ЮНКТАД по использованию Кодекса: «Под линейным судоходством понимается регулярная перевозка судами грузов, принадлежащих неопределенному кругу грузоотправителей (грузополучателей), между портами захода по объявленному расписанию. Линейный перевозчик является общественным перевозчиком, т.е. не может проводить дискриминацию каких-либо потребителей, грузов или линейных портов. Перевозчик должен принимать к перевозке грузы без ограничения минимального количества и организовать работу с грузами в портах, на определенных перевозчиком терминалах (причалах), с которыми имеет договорные отношения» [6].

С момента возникновения линейного судоходства для него было характерна постепенная и возрастающая со временем консолидация, выражающаяся в бесконечном слиянии и поглощении компаний. Причины этого явления были указаны во многих работах, в том числе и в книге немецкого профессора, одного из основоположников теории современного транспорта Э. Закса «Пути и средства сообщения в народном хозяйстве», написанной в конце XIX в.

Э. Закс в этой работе отметил, что «каждое отдельное судоходное предприятие стремится захватить себе исчерпывающее его производственную способность количество перевозок в разных направлениях. Это стремление к захвату перевозок может осуществляться двумя различными способами, которые совместно с требующимися для каждого из них мероприятиями называются производственной системой» [8].

По мнению учёного, они имеют следующие различия. Судоходное предприятие либо предлагает свои услуги для рейсов между определенными портами при заявленной продолжительности рейсов, обыкновенно с точным расписанием, либо организует перевозку различных грузов по различным направлениям, заключая сделки отдельно в каждом конкретном случае. Первая система представляет собой линейное, а вторая – свободное (трамповое) судо-

ходство. Применение их связано с особыми соображениями, каждое из них имеет свои преимущества и недостатки и каждое предъявляет предпринимателю различные требования.

Э. Закс отметил также значительную роль крупных судоходных предприятий в деле организации линейных перевозок. «Выгоды крупного производства становятся здесь особенно очевидны. Для больших компаний издержки по постройке судов оказываются меньшими, так как они строят суда определенного типа, по меньшей мере по два одновременно, а иногда имеют даже и собственные верфи. Общий расход по управлению распределяется у них на большое число перевозок, и некоторые единовременные валовые издержки также располагаются более выгодно. Страхование судов крупное общество может предпринимать за свой счет, благодаря чему оно получает выгоды страхователя.

Предприятие, располагающее линиями в различных областях земного шара, имеет возможность направлять свои суда в зависимости от конъюнктуры, по различным линиям, поскольку это допускается характером этих судов. При усовершенствовании судостроения и оборудования судов, крупные предприятия могут с увеличением транспорта идти в ногу с повышающимися требованиями. Они могут, наконец, наиболее выгодным образом комбинировать различные линии, могут содержать свои суда в хорошем состоянии и особенно прибыльно использовать их путем соответствующего установления сроков их прибытия и отбытия, а также времени, необходимого для их передвижения и остановок, могут достигать посредством объединения линий наибольшей равномерности в прибылях на долгие периоды времени. Их широкие деловые связи и большая клиентура обеспечивают за ними известную среднюю работу и доход, расширение же дела до пределов мирового транспорта ослабляет в целом те колебания, которым таковой подвержен в отдельных своих отраслях».

В отличие от трампового судоходства, при котором загрузка судна является следствием удачно сложившихся об-

стоятельств и позволяет судовладельцу с большим или меньшим успехом перемещать тоннаж по просторам Мирового океана, линейное судоходство не зависело и не зависит от воли случая. В значительной степени линейное судоходство возникало там, где существовала постоянная грузовая база, было привязано к определенным районам и пользовалось преференциями со стороны государства.

«Своеобразная эксплуатация требует совершенной организации управления. Линейное судоходство должно располагать в пределах своих линий настоящей системой информационных пунктов, целой сетью агентур; далее оно не может, подобно свободно судоходному, довольствоваться пассивным положением в отношении грузового рынка, но должно стремиться к воздействию путем удачной тарифной системы на развитие транспорта, поскольку конкуренция предоставляет ему в этом отношении свободу. В своих деловых соображениях оно должно считаться также и с будущим, для того чтобы определить, приобретут ли в будущем отдельные линии и в каком объеме то значение, какого они не могут иметь вначале своего существования. Деловая прозорливость и дальновидность имеют поэтому в линейном судоходстве широкое поле для применения, и крупные общества также и в этом отношении являются наиболее пригодной формой для подобных предприятий», – заключает Э. Закс.

Спустя полвека после возникновения первых пароходных линий, появились первые объединения линейных перевозчиков. Расцвет советского линейного судоходства пришелся на вторую половину 70-х – первую половину 80-х гг. прошлого века. Именно в это время советский ученый В. В. Петровский, принимавший участие в работе ООН над Кодексом поведения линейных конференций, в монографии «Морское линейное судоходство» дал развернутую картину функционирования судоходных линий и подробную информацию о фрахтовых соглашениях в линейном судоходстве. Несмотря на то, что эта работа издана в 1977 г., она с большим интересом читается и сегодня.

КОРОТКО О ЛИНЕЙНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

И.А. Русинов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,

И.А. Гаврилова, канд. эконом. наук, доцент,

А.Г. Нелогов, доцент,

ФГБОУ ВО ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,

контакт. тел. +7 (921) 322 7789, +7 (921) 447 4999, +7 (962) 712 1689

«С развитием морского транспорта повышалась роль крупных судоходных предприятий, т. е. крупного капитала. Рост капитала в судоходстве, так же как и в промышленности, протекал в основном двумя путями: путем накопления части прибавочной стоимости (концентрация капитала) и путем слияния отдельных капиталов в один крупный (централизация капитала). Оба эти процесса органически связаны и переплетаются друг с другом», — отмечает В. В. Петровский [5]. «Рост конкуренции на мировом фрахтовом рынке линейного тоннажа вынуждал судовладельцев искать пути к ограничению или хотя бы к смягчению этой конкуренции в целях повышения или удержания своих прибылей на высоком уровне. Результатом этого процесса явилось появление различных форм монополистических объединений судовладельцев. Эти формы были весьма разнообразны, однако самое широкое распространение в судоходстве получили концерны, консорциумы и картели. В линейном судоходстве наиболее часто встречались соглашения последнего типа в форме совместного обслуживания, «джентльменских» соглашений, фрахтовых конференций, рингов и пулов. Все эти виды соглашений картельного типа различны по своей внутренней структуре и степени монополизации» [5].

В настоящее время изучению деятельности объединений морских линейных перевозчиков не уделяется должного внимания. Существует мнение, что подобные объединения — явление историческое. Принципы их деятельности и связанные с ней процедуры представляют исключительно теоретический интерес. Сторонники подобных оценок, как правило, указывают на фактическое ограничение деятельности судоходных конференций в Европе, роспуск наиболее значительной Дальневосточной фрахтовой конференции (FEFC) и повсеместный отказ от применения Кодекса.

Авторы считают, что в таком подходе есть некоторый изъян. Он не учитывает наличия успешно работающих в настоящее время фрахтовых конференций на иных направлениях перевозок, например Транстихоокеанском стабилизационном соглашении (TSA), в котором принимают участие практически все глобальные контейнерные перевозчики. Кроме того, сам Кодекс является действующим нормативным актом международного права. Его принципы, заключающиеся в обеспечении справедливого доступа к услугам морского транспорта и предоставлении возможности выхода на рынок новых национальных компаний, не только не поте-

ряли своей актуальности, но, возможно, являются тем инструментом, который оставляет хотя бы теоретические возможности для преодоления существующих рыночных барьеров.

Фрахтовые соглашения в линейном судоходстве отличаются различной степенью связей и консолидации. Их диапазон варьируется от условий «джентльменского соглашения» до тесных конференциальных союзов и пулов, имеющих свои уставы, которые определяют права и обязанности членов и устанавливают для своих членов минимальные тарифы, порты обслуживания, доли в распределении доходов и т. д. Изучение подобных соглашений может быть полезно для оценки деятельности получивших в последнее время широкое распространение так называемых «технических» соглашений — альянсов.

Справедливо считается, что за всю историю объединений самое большее распространение в линейном судоходстве получила картельная форма соглашений, которая дала возможность судовладельцам, входящим в них, пользоваться привилегиями монополий, т. е. получением монопольной прибыли без необходимости утраты права владения своими линейными компаниями и контроля над ними.

Самой свободной формой таких соглашений по праву можно считать устное или «джентльменское» соглашение, которое, как правило, не требует письменного оформления. Эта форма соглашений родом из США. Причиной возникновения такого соглашения послужила назревшая острая необходимость в обходе антимонопольного законодательства, строгость которого всегда отличала эту юрисдикцию. Подобные соглашения чаще всего регулировали тарифы и ставки на отдельные категории грузов, а также устанавливали различные принципы сотрудничества судовладельцев, которые следует применять в случае возникновения спора. Как точно следует из названия, судоходные предприятия могли достичь любого соглашения, допускаемого хорошей деловой практикой. Основным и значимым отличием таких «джентльменских» соглашений от иных видов фрахтовых соглашений является неприменение к сторонам никаких санкций в случае нарушения соглашения, поскольку отсутствует какая-либо жестко определенная правовая основа. Партнеры по такому соглашению в своей работе придерживаются принципов «честной игры» (fairplay), которые выработаны на протяжении многовековой истории и в значительной мере могут рассматриваться как обычай.

Другой формой фрахтовых соглашений выступали соглашения о совме-

стном обслуживании, в которых судовладельцы договаривались не только об использовании одинаковых тарифов и ставок, но и о регулировании совместного обслуживания клиентов на определенных направлениях в соответствии с общим расписанием. Соглашения о совместном обслуживании можно считать средней формой между «джентльменским» соглашением и классической линейной конференцией. Такие соглашения могут предусматривать создание общего координационного надзорного органа, определение порядка распределения сервиса по портам и терминалам, возможность совместных выступлений и договоренностей с клиентами морского транспорта и другими судовладельцами (перевозчиками) по вопросам составления и подписания крупных контрактов и т. д. Если в пределах такого соглашения перенести акцент с вопросов фрахтовой политики на оперативную «движенческую» деятельность, то они могут рассматриваться в качестве предтечи современных альянсов, что не скрывалось на первых этапах создания в начале 90-х гг. в прошлого века.

Однако в то время, когда большая часть линейных морских перевозок осуществлялась конференциальным флотом, внимание уделялось прежде всего линейным фрахтовым конференциям. Продолжительное время существовали разночтения в определении линейной конференции.

В брошюре «Liner Service and Conference System» Британским линейным комитетом было дано следующее определение конференции: «Если несколько линейных компаний работают на одном и том же направлении, то они, образуясь с распространенной мировой практикой, формируют ассоциацию, известную как «конференция». В своей основе конференция является попросту группировкой линий, обслуживающих определенное направление перевозок, целью которой является согласование фрахтовых ставок, а также организация обслуживания и создание условий работы на данном направлении» [9].

Английский экономист М. Бонавиа определил конференции как «объединение судовых предприятий, напминающие нормальный картель или синдикат, созданные для контроля за предъявлением грузов и цен, а также для ограничения наплыва новых конкурентов» [7].

Д. Маркс в одном из своих трудов указал, что конференции — это соглашения, которые создаются судоходными линиями с целью уменьшения или вовсе исключения конкуренции, а также для рационального урегулирования графиков заходов в обслуживаемые

порты, а иногда – для правильного распределения грузов, фрахтовых поступлений или доходов-нетто.

Некоторые экономисты в своих трудах упоминают конференциальные системы. Так, экономист морского транспорта А. С. Свендсен (Норвегия) полагал, что «в основе конференциальных форм соглашений и ограничений конкуренции лежат высокие постоянные расходы, связанные с поддержанием линейного судоходства, постоянная борьба за ставки фрахта, неопределенность относительно получения грузов и т. д.». В. В. Петровский заключает: «Целью сотрудничества и ограничения конкуренции является распределение риска, уменьшение расходов, более определенные поступления от эксплуатации, снижение эксплуатационных расходов и увеличение прибыли». Все эти определения относятся к периоду, предшествовавшему работе экспертов, а затем и ассамблеи ООН над разработкой Кодекса.

В настоящее время определение линейной конференции содержат Кодекс, нормативные акты Европейского Союза, США, КНР и др. Причем в указанных нормативных актах прослеживается определенное единообразие. В связи с этим целесообразно принять за основу следующее определение линейной конференции, данное в Конвенции о Кодексе 1974 г.: «Линейная конференция или конференция – группа, состоящая из двух или более перевозчиков, эксплуатирующих суда, которые предоставляют услуги по международным линейным перевозкам грузов на определенном направлении или направлениях в обусловленных географических пределах и которые имеют соглашение или договоренность, независимо от их характера, в рамках которых они осуществляют перевозки по единым или общим тарифным ставкам и на любых других согласованных условиях в отношении предоставления линейных услуг» [1].

Рассматривая вопрос о предпосылках создания линейных фрахтовых конференций, можно отметить, что моментом их появления принято считать середину XIX в., когда стремительными темпами происходило развитие парового морского транспорта, а европейские государства и Америка всецело были поглощены «промышленной революцией». Решающее значение для развития линейных перевозок имело обслуживание потребностей колониальных держав, к числу которых помимо Великобритании можно с полным основанием отнести Францию, Германию, Нидерланды, Бельгию. Кроме того, середина XIX в. – это период нового массового переселения народов, перемещения миллионов граждан европейских стран в США, страны Южной

Америки, Южную Африку, Австралию и Новую Зеландию. Бурный рост линейного судоходства сопровождался исключительно жесткой конкуренцией. Конференциальные соглашения явились действенным инструментом для ограничения конкуренции.

В 1860 г. было заключено первое соглашение между британскими судовладельцами, обслуживающими направление Европа–Дальний Восток, а 15 лет спустя возникла первая судоходная конференция, регулировавшая размер фрахтовых ставок на направлении Великобритания–Индия (Калькутта).

Знаменательным моментом в истории линейных конференций стал 1877 г., когда судоходная конференция включила в свой тариф «систему отсроченных скидок для грузоотправителей». Стоит отметить, что к 1890 г. такую систему активно использовали практически все конференции.

Следующие сто лет развитие линейных перевозок шло поступательно в рамках конференциальной системы и отражало ее борьбу с аутсайдерами. В зависимости от обстоятельств эта борьба велась с большим или меньшим успехом. На отдельных направлениях аутсайдеры временами заметно теснили конференциальные линии. Это справедливо в отношении некоторых советских и восточноевропейских судоходных линий в период максимального развития флота стран, входивших в социалистический лагерь, или компании «Evergreen Marine Corporation», в свое время крупнейшей контейнерной компании в мире, не участвующий в каких-либо конференциях. Однако в целом конференциальная форма организации линейного судоходства оказалась весьма успешной и жизнеспособной. К середине 80-х гг. XX в. в мире насчитывалось несколько сотен больших и малых фрахтовых конференций. Кодекс поведения линейных конференций и последовательная политика правительств ряда развивающихся стран способствовали выходу на достойный уровень и появлению в числе членов авторитетных конференций судоходных компаний Аргентины, Бразилии, Мексики, Индии, Малайзии, Египта.

Традиционная для отечественной литературы точка зрения заключается в том, что основной целью таких соглашений линейных судовладельцев является получение монопольной прибыли. Но стоит отметить, что соглашения также предусматривают максимально возможное смягчение конкуренции или контроль над ней в рамках соглашения, эффективную борьбу с внешней конкуренцией и совместное регулирование взаимоотношений с грузоотправителями. В конечном итоге ограниченное

число судоходных предприятий принимало на себя обязательства гарантированно обеспечивать сервис на определенном направлении с определенным качеством и по определенным ценам. Именно эта определенность привлекала клиентуру и устраивала власти, которые, в свою очередь, допускали особые условия деятельности объединений судоходных компаний, несмотря на очевидное ограничение конкуренции.

Такие цели, как правило, достигались в прошлом и достигаются в настоящем там, где конференции продолжают свою работу и устанавливают, используют и поддерживают единые совместные минимальные фрахтовые ставки и общие тарифы, являющиеся обязательными для всех участников конференции. Стоит отметить, что соглашение судовладельцев о ставках тарифа и сегодня является по существу основным предметом договора о создании морской конференции [2]. Помимо ставок и тарифов, применяется единая система скидок и снижения ставок, а также широко используется ограничение (или вовсе исключение) применения конфиденциальных скидок. Считается, что все члены линейной конференции должны работать по согласованным расписаниям, организовать единую сеть агентов, определить содержание соглашений с грузоотправителями и коносаментов. Тем не менее стороны сами посредством коносамента могут урегулировать возникающие между ними отношения [3].

На практике часто линейные конференции именовали картелями. Но стоит заметить, что в таких соглашениях участники сохраняли, как правило, производственную и коммерческую самостоятельность. При этом судоходные картели отличались большей свободой для своих участников, чем, например, картели в промышленности.

Широкую известность получили конференциальные соглашения (conference agreement), являющиеся основными документами, которые устанавливают взаимоотношения между членами конференций. Многие конференции базируются на совокупности таких соглашений, регулирующих отношения между линиями и между каждой линией и конференцией в целом.

В зависимости от особенностей линейных перевозок по конкретным направлениям, конкуренции в рамках конференции и со стороны аутсайдеров, работающих на схожих направлениях, содержание различных конференциальных соглашений может существенно отличаться. Соглашения, как правило, регулируют условия перевозки грузов, принципы распределения портов обслуживания, цены и тарифы перевозок,

размер тоннажа, частоту отходов, назначение совместных агентов, создание представительств и т. д. Стандартным правилом является обязанность участников применять одинаковые тарифные ставки и следовать единой фрахтовой политике, а также использовать общие правила в части применения надбавок и скидок в пределах районов деятельности той или иной конференции. Но единого, четкого официально сформулированного методического подхода к расчету цен и тарифов линейных конференций никогда не существовало [3].

До недавнего времени фрахтовые конференции были наиболее распространенными в линейном судоходстве формами соглашений картельного типа. Конференции контролировали подавляющую часть современного океанского линейного тоннажа и обеспечивали большую часть морских линейных перевозок. Закат эпохи линейных конференций связан с появлением закона США о судоходстве 1998 г. (Ocean Shipping Regulation Act). Однако то, что ожидалось многими как освобождение от бюрократических пут и снятие чрезмерных ограничений, в действительности привело к неоднозначным результатам. Исключение принципа «me-too», задекларированное как значительный прогресс, обернулось проблемами для значительного числа мелких и средних потребителей услуг морского транспор-

та. Эра OSRA, как Федеральная морская комиссия США назвала период после принятия закона 1998 г., стала периодом максимального развития глобальных компаний как со стороны перевозчиков, так и со стороны грузовладельцев [11]. Сейчас многие задаются вопросом, так ли плохи были линейные конференции, деятельность которых базировалась на 150-летнем опыте и регулировалась Кодексом? Другие вопросы, которые волнуют широкую общественность – что пришло на смену линейным конференциям? В какой степени и на основании чего можно регулировать деятельность глобальных линейных перевозчиков? Как обеспечить соблюдение принципов справедливой конкуренции? Эти вопросы остаются актуальными и сегодня, а поиск ответов на них необходим как в целях устранения «теоретических» пробелов, так и для обеспечения практической деятельности предприятий отрасли, а также ведомств, связанных с международным морским транспортом. Найти эти ответы можно в ходе всестороннего и глубокого изучения истории и основных принципов деятельности рынка морских линейных перевозок и объединений морских линейных перевозчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция о Кодексе поведения линейных конференций. Женева, 6 апреля 1974 г. – Сб. междунаро. договоров СССР. М., 1985, вып. XXXIX.

2. Буров В. И. Основные тенденции развития современного линейного судоходства // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 10–1. – С. 75–79.
3. Иванова С. Е., Митрофанова Н. В. Современные принципы формирования цены перевозки грузов в линейном судоходстве // Вестник ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. – 2011. – № 1. – С. 175а–180.
4. Иванова Т. Н. Договор морской перевозки грузов в линейном судоходстве // Транспортное право. – 2005. – № 4. – С. 13–15.
5. Петровский В. В. Морское линейное судоходство. – М.: Транспорт, 1977. – 288 с.
6. Руководство по применению Конвенции о Кодексе поведения линейных конференций, подготовленное секретариатом ЮНКТАД UNCTAD/ST/SHIP/1, публ. 26.01.1987 г.
7. Bonavia M. The Nationalisation of British Transport: The Early History of the British Transport Commission (1948–1953), London, 1987.
8. Sax Emil. Die Verkehrsmittel in Volks-und Staatswirtschaft. – Wien, 1879.
9. Liner Services and the Conference System. – British Liner Committee, London, 1958. – 17 p.
10. Ocean Shipping Reform Act 1998 The United States of America.
11. The Impact of the Ocean Shipping Reform. Act of 1998 by Federal Maritime Commission, 2001.
12. Federal Maritime Commission, Bureau of Trade Analysis. Study of the 2008 Repeal of the Liner Conference Exemption from European Union Competition Law, 2012. ■

В конце 50-х гг. XX в. в СССР предполагалось строительство не менее 10 кораблей 58-го проекта, ориентированных, в первую очередь, на борьбу с авианосцами противника, но уже в начале 60-х гг. было решено ограничиться постройкой всего четырех крейсеров этого типа, заменив их на стапелях завода им. А. А. Жданова более универсальными кораблями, основным назначением которых являлось бы обеспечение действий специализированных крейсеров ПЛО. На эту роль планировались противолодочные вертолетоносцы пр. 1123 (проектант – Невское ПКБ). Впервые противовоздушно-противолодочный (ПВО-ПЛО) корабль (пр. 1134) появился в планах военного кораблестроения в 1961 г., когда строительство ракетных крейсеров пр. 58 шло полным ходом. Основным назначением нового ПВО-ПЛО корабля пр. 1134, согласно тактико-техническому заданию, было обеспечение ПЛО кораблей, действующих в удаленных районах морей, поддержка боевой деятельности собственных подводных лодок и защита морских сообщений от действий воздушных, надводных и подводных сил противника. ЦКБ-53 (Северное ПКБ)

«БЕРКУТЫ» – БОЛЬШИЕ ПРОТИВОЛОДОЧНЫЕ КОРАБЛИ ПРОЕКТОВ 1134, 1134А И 1134Б

В. Е. Юхнин, д-р техн. наук, проф., академик Российской инженерной академии, АО «Северное ПКБ», контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674



Рис. 1. Корабль «Владивосток» пр. 1134 с вертолетом постоянного базирования

приступило к работе в 1961 г., т. е. сразу после выдачи заказа.

Однако работы по комплексу М-11 «Шторм», начатые еще в 1961 г., завершили принятием его на вооружение только через восемь лет – в 1969 г. Создалась ситуация, при которой корабль

приходилось вооружать не тем, чем планировали, а тем, что выпускала промышленность серийно. Даже перенос сроков сдачи головного корабля с 1965 г. на 1967 г. не решил проблемы. В итоге пришлось корректировать проект под ЗРК «Волна», принятый на вооружение

в 1969 г. на ракетном крейсере «Грозный» пр. 58.

Тактико-техническим заданием, выданным флотом, предписывалось делать новый корабль в корпусе крейсера пр. 58, однако уже в самом начале проектной работы стало ясно, что уложиться в размерения, площади и объемы корабля с новым составом вооружения не представляется возможным, так как массогабаритные характеристики новых комплексов вооружения (ПУ ЗРК «Шторм», РЛС «Гром») по сравнению с первоначально заявленными существенно выросли. Кроме того, уже в ходе проектирования заказчик (ВМФ) выдвинул дополнительное требование – увеличить дальность плавания с 3500 до 5000 миль для обеспечения возможности сопровождения противолодочных крейсеров-вертолетоносцев пр. 1123 (тип «Москва»). Поэтому, сохранив обводы и теоретический чертеж крейсера 58-го проекта, корпус пр. 1134 подвергся масштабному увеличению. При этом главные размерения корабля оказались практически предельными по возможности его постройки в закрытом эллинге Ленинградского судостроительного завода им. А.А. Жданова. В архитектурном отношении БПК пр. 1134 отличался от своего предшественника уменьшенным силуэтом, что достигалось объединением дымоходов обоих машинно-котельных отделений и выведением их в одну башеноподобную мачту. В результате удалось рациональнее разместить носовой и кормовой ЗРК. Как и на кораблях пр. 58, проходы во все помещения и боевые посты корабля были закрытыми. Боевая рубка (ГКП) располагалась под верхней палубой. Часть офицерских и старшинских кают находилась в надстройке, что значительно улучшало бытовые условия экипажа.

Главная энергетическая установка (ГЭУ) корабля пр. 1134 практически целиком повторяла ГЭУ пр. 58. Незначительные изменения заключались в размещении турбонаддувных агрегатов непосредственно над котлами (что существенно уменьшало массу и протяженность трактов), а также в увеличении паропроизводительности вспомогательного котла. В результате на более крупном корабле пр. 1134 обеспечиваемая полная скорость хода уменьшилась до 33 уз, а удельный расход топлива на полном ходу возрос с 845 до 915 кг на милю за счет увеличения числа и мощности вспомогательных механизмов.

Электроэнергетическая установка БПК по сравнению с установкой, реализованной на крейсерах пр. 58, существенных изменений не претерпела. Однако из-за увеличения потребляемой электроэнергии (с 3781 до 4787 кВт) пришлось добавить в каждую электро-

станцию еще по одному дизель-генератору ДГ 500/1В мощностью 500 кВт и одновременно решить проблему устойчивой параллельной работы сразу трех генераторных агрегатов.

В отличие от ракетного крейсера пр. 58 основным оружием БПК пр. 1134 стало зенитное ракетное вооружение. Как уже отмечалось, первоначально на корабле предполагалось разместить два новых ЗРК средней дальности М-11 «Шторм» (общий боекомплект 36 ЗУР В-611) с системой управления «Гром». Комплекс должен был поражать мало-высотные цели на дальности до 22 км, а цели, летящие на средней высоте, – до 33 км. При этом скорость целей могла достигать 800 м/с. Следует сказать, что «Шторм» оказался первым (и практически единственным) на нашем флоте «чисто морским» ЗРК, разработанным без унификации с ЗРК сухопутных войск и войск ПВО. Однако работы по его созданию затянулись, и на БПК пр. 1134 комплекс М-11 не попал. В результате в процессе рабочего проектирования пришлось корректировать проект под ЗРК малой дальности «Волна». В дальнейшем этот комплекс был заменен на многоцелевой комплекс «Волна-М», способный поражать как воздушные, так и надводные цели с модернизированной ракетой В-601, имеющей более мощную БЧ (масса – 72 кг) и увеличенную зону поражения с дальностью до 30 км и досягаемостью по высоте до 18 км.

По техническому проекту на корабле предполагалось установить новейший противолодочный комплекс «Метель», однако его разработка и испытания существенно задерживались, и вместо него было принято решение установить отработанный на кораблях пр. 58 противокорабельный комплекс П-35. Таким образом, корабль превратился из противолодочного в противокорабельный. Ракетный комплекс П-35 применялся на БПК пр. 1134 в одиночной комплектации, но с двумя новыми спаренными ненаводящимися пусковыми установками (ПУ) КТ-35. Эти ПУ были легче, чем ПУ СМ-70, установленные на кораблях пр. 58. В походном положении они имели нулевой угол возвышения, а перед стрельбой фиксировались под углом 25°. Грубое наведение ракет в горизонтальной плоскости осуществлялось маневрированием самого корабля.

Первоначально в проекте планировалось разместить в погребах на верхней палубе корабля, непосредственно перед ПУ два боекомплекта из четырех запасных ракет 4К-44. Однако позже от этого решения отказались, так как потребовались бы дополнительные объемы, а также длительная процедура перезарядки, занимавшая по расчетам, несколько часов, что в боевых условиях неприемлемо.

В результате ударные возможности корабля пр. 1134 были ограничены всего двумя двухракетными залпами (против четырех четырехракетных на крейсере пр. 58), хотя вторая залповая серия на последнем могла быть также выполнена через несколько часов после первой.

Артиллерийское вооружение БПК пр. 1134 было принято еще более слабым, чем на крейсере пр. 58, что в то время казалось вполне закономерным. Тогда на самом высоком государственном уровне заявлялось, что «корабельная артиллерия доживает свой век». Две двухорудийные 57-мм автоматические зенитные артустановки АК-725 с радиолокационными системами управления «Барс» (МР-103), принятые на вооружение в 1962 г., обеспечивали дальность стрельбы около 13 км.

Досягаемость по высоте составляла 7 км, а скорострельность доходила до 360–400 выстр./мин (на оба ствола), 57-мм снаряд массой 2,8 кг имел начальную скорость 1020 м/с и снабжался только ударным взрывателем. На каждую установку полагался боезапас 1100 патронов. Артиллерийская установка АК-725 впервые была выполнена полностью необитаемой. Поскольку корабль пр. 1134 классифицировался как большой противолодочный, большое внимание предполагалось уделить его противолодочному вооружению. Однако нового оружия этого класса к началу разработки проекта не было даже на бумаге. Поэтому по первоначальному проекту корабль вооружался точно такими же противолодочными средствами, как и крейсер пр. 58. Они включали в себя два трехтрубных торпедных аппарата калибром 533 мм, а также две РБУ-6000 с боекомплектом из 144 реактивных глубинных бомб РГБ-60. Однако после принятия решения об отказе от запасных противокорабельных ракет 4К-44 появилась возможность несколько усилить противолодочное вооружение корабля. В ходе корректировки проекта вместо трехтрубных были установлены пятитрубные торпедные аппараты ПТА 53-1134, способные стрелять противолодочными самонаводящимися торпедами «Енот-2». Кроме этого, корабль дополнительно вооружили менее дальноводными, но более мощными шестиствольными РБУ-1000 («Смерч-3»).

РГБ-10, применявшаяся из этой РБУ, имела вчетверо большую массу взрывчатого вещества, чем РГБ-60. Общий боезапас составлял 48 РГБ-10. Некоторым улучшениям было подвергнуто и гидроакустическое вооружение. Для обеспечения боевого применения противолодочного оружия на БПК были установлены гидроакустическая станция общего обнаружения «Титан» (МГ-312), а также ГАС целеуказания «Выгедга» (МГ-311). Эти

станции при благоприятной гидрологии имели дальность действия в режиме шумопеленгования 8–10 км.

Однако наиболее радикальным усовершенствованием в области ПЛО стало оснащение корабля вертолетом постоянного (ангарного) базирования. Если на вертолетной площадке крейсера пр. 58 он был «редким гостем», появлявшимся там лишь от случая к случаю, при благоприятной метеорологической обстановке, то на БПК-1134 он мог базироваться постоянно. Увеличившиеся размеры и водоизмещение корабля позволили наконец оснастить его ангаром и полноценными средствами обеспечения применения вертолета. Следует отметить, что БПК пр. 1134 стал первым отечественным кораблем с постоянным базированием вертолета. При этом на борту БПК мог размещаться как вертолет целеуказания Ка-25Ц, так и противолодочный вертолет Ка-25ПЛ. Для вооружения последнего на борту предусматривался запас из пяти торпед ПЛАТ-1 или ПЛАТ-1М, а также до 54 радиоакустическим боев.

В состав радиотехнического вооружения корабля включили две РЛС различных типов. Станция общего обнаружения «Кливер» (МР-500) решала задачи освещения воздушной обстановки, а РЛС «Ангара-А» должна была вырабатывать исходные данные для стрельбы ЗРК «Шторм». Правда, разработка этой РЛС, получившей впоследствии название «Восход» (МР-600), тянулась еще дольше, чем создание самого ЗРК. На стадии технического проекта был проработан и трехкоординатный вариант станции МР-300. Но для ЗРК «Шторм» он оказался малоприспособленным, поскольку не обеспечивалась работа на предельной дальности и высоте, имелись большие сложности в выработке третьей координаты – угла места. После отказа от размещения на корабле комплекса «Шторм» вопрос о дальности и высоте отпал сам собой – для ракетного комплекса «Волна» возможностей РЛС МР-310 оказалось вполне достаточно. И МР-310 и МР-500 совмещались с аппаратурой госопознавания «Никель-КМ» и «Хром-КМ».

Кроме радиотехнических средств, корабль вооружили станциями активных помех «Гурзуф-А» и «-Б» (два комплекса), двумя ПУ выстреливаемых пассивных помех ЗИФ 121 (ПК-2), станциями помех МРП-13-14 и МРП-15-16, а также навигационной РЛС «Волга». Все корабли были оснащены системой приема внешнего целеуказания «Успех-У», обеспечивающую стрельбу ракетного комплекса П-35 на полную дальность.

Для управления кораблем и корабельным соединением на БПК разместили совмещенный ГКП-ФКП-БИП, оборудованный электронными планшетами,

системой взаимного обмена информацией «Море-У», а также другим необходимым приборным оборудованием.

Испытания головного корабля БПК пр. 1134 начались в апреле 1967 г. на Балтике и продолжались до декабря, а завершились уже в Белом море. Стрельбы ракетным комплексом П-35 (в телеметрическом варианте) проводились как на полную (200 км), так и на минимальную (30 км) дальности одиночными пусками и двухракетными залпами из установок обоих бортов.

ЗРК «Волна» работал по парашютным мишеням (сбрасываемым с самолета Ил-28) по большому корабельному щиту и по дистанционно-управляемому катеру.

Всего было израсходовано 12 ракет, запускавшихся с каждой ПУ и с каждой направляющей. Проверались по расширенной программе артустановки АК-725: стреляли по воздушному конусу и по буксируемому морскому щиту. Дистанция по воздушной цели составляла 2 км, по морской – 3 км. Торпедное оружие проверялось стрельбой одной торпедой по подводной лодке, идущей в подводном положении со скоростью 6 уз на дистанции 20 каб. Стрельбы из РБУ-1000 и РБУ-6000 велись 6 и 12-бомбовыми залпами по щиту с гидроакустическими отражателями.

В отличие от испытаний вертолета Ка-25 на корабле пр. 58 программа испытаний вертолета на «Адмирале Зозуля» была насыщенной: летали днем и ночью, на стопе и на ходу, на спокойной воде и при волнении. Заходы на посадку велись с различных курсовых углов. Во время полетов вертолет отрабатывал торпедо- и бомбометание, постановку радиогидроакустических боев, тестировал привода и связи. На корабле проверялось авиатехническое оборудование и системы обеспечения базирования вертолета. Все испытания прошли успешно и подтвердили проектные тактико-тех-

ническими характеристиками корабля и его боевые возможности.

Испытания головного корабля БПК пр. 1134 начались в апреле 1967 г. на Балтике и продолжались до декабря, а завершились уже в Белом море. Стрельбы ракетным комплексом П-35 (в телеметрическом варианте) проводились как на полную (200 км), так и на минимальную (30 км) дальности одиночными пусками и двухракетными залпами из установок обоих бортов.

Тактико-технические характеристики БПК пр. 1134

Водоизмещение, т:	
стандартное	5360
полное	7145
Размерения, м:	
длина наиб./по КВЛ	156,2/148,0
ширина наиб./по КВЛ	16,7/16,1
осадка средняя	5,18
Скорость хода, уз:	
полного	33,0
экономического	18,0
Дальность плавания, мили	5000 (18,0)
Тип ГЭУ, мощность, л.с.	КТУ 89 000
Экипаж, чел.	312

Следует сказать, что довольно скоро стало ясно, что в качестве противолодочного корабля пр. 1134 далеко не в полной мере отвечает существующим требованиям, поэтому при введении в 1975 г. новой классификации кораблей и судов ВМФ, БПК пр. 1134 был переведен в класс ракетных крейсеров, хотя, по мнению моряков, мог считаться таковым с большой натяжкой. Период вступления в строй кораблей пр. 1134 совпал с развертыванием боевой службы нашего флота в удаленных районах Мирового океана. Корабли интенсивно эксплуатировались в Карибском и Средиземном морях, а также в Индийском и Тихом океанах. Именно на кораблях пр. 1134 были отработаны основные принципы эксплуатации вертолетов и подготовки корабельных летчиков.

Корабли пр. 1134 (табл. 1) стали предшественниками большой серии новых БПК пр. 1134А (10 ед.) и 1134Б (7 ед.).

Таблица 1

Основные этапы постройки БПК пр. 1134

БПК	Заложен	Спущен на воду	Вступил в строй ВМФ
«Адмирал Зозуля»	26.07.1964	17.10.1965	08.10.1967
«Владивосток»	24.12.1964	01.08.1966	11.09.1969
«Вице-адмирал Дрозд»	26.10.1965	18.11.1966	27.12.1968
«Севастополь»	08.06.1966	28.04.1967	23.09.1969

нические характеристики корабля и его боевые возможности.

По результатам испытаний 20 головных образцов оружия, механизмов и оборудования были приняты на вооружение. Среди них – ПУС «Бином», ПУ КТ-35 (комплекса П-35) и ЗИФ-102 (комплекса «Волна»), подъемники РГБ и многое другое.

Вместе с тем были отмечены и недостатки, среди которых наиболее значи-

БОЛЬШИЕ ПРОТИВОЛОДЧНЫЕ КОРАБЛИ ПР. 1134А

В январе 1965 г. ВМФ и Минсудпром приняли решение о строительстве последующих БПК серии (начиная с пятого корпуса) по откорректированному пр. 1134А. Задачей предусматривалась замена противокорабельного ракетного комплекса П-35 на противолодочный комплекс «Метель», а ЗРК малой дальности М-1 «Волна» – на универсальный комплекс средней даль-

ности нового поколения М-11 «Шторм», способный вести борьбу как с воздушными, так и надводными целями. РЛС обнаружения воздушных целей «Кливер» МР-500 заменялась на более совершенную трехкоординатную станцию «Восход» МР-600, отличающуюся помимо более высоких характеристик повышенной надежностью. На смену гидроакустическим станциям (ГАС) «Титан» и «Выцегда», размещавшимся под килем, пришла ГАС «Титан-2» с акустической антенной, расположенной в носовом бульбовом обтекателе.

Основным назначением корабля пр. 1134А стали: поиск и уничтожение атомных подводных лодок противника в удаленных районах Мирового океана, действия в составе тактических групп флота в целях придания им боевой устойчивости и обеспечения ПЛО и ПВО обороны своих сил, охранение судов и кораблей на переходе морем от атак подводных лодок, самолетов и кораблей противника.

ГАС «Титан-2» могла выдавать целеуказание на дистанцию, не превышающую 10–12 км, что было явно недостаточно для того, чтобы обеспечивать стрельбу комплексом «Метель» на полную дальность (до 50 км).

Стрельба по информации, поступающей от других кораблей или вертолетов, велась с ручным вводом данных в БИУС, что снижало точность и скорость решения задачи.

Технический пр. 1134А разрабатывался в 1964 г. под руководством главного конструктора В.Ф.Аникиева и его заместителей В.Д.Рубцова и Ю.А.Бабича. В.Ф.Аникиев окончил Корабелку в 1974 г. В Бюро он прошел путь от рядового конструктора до главного инженера. В 1974 г. он был назначен начальником и главным конструктором Невского ПКБ, где в 1984 г. был удостоен звания Героя Социалистического Труда за создание первого отечественного авианосца пр. 1143.5.

Его заместитель В.Д. Рубцов – участник Великой Отечественной войны, талантливый конструктор с незаурядными организаторскими способностями. Из многочисленных проектов, разработанных с его участием, особый вклад внесен им как заместителем главного конструктора в создание кораблей пр. 1134, 1134А и 1134Б, оснащенных новыми системами вооружения.

Другой заместитель В.Ф. Аникиева, также участник Великой Отечественной войны, по специальности инженер-механик (окончил Корабелку в 1955 г.), Ю.А. Бабич, участвовал в разработке механических установок кораблей пр. 56, 58, 61, 1134 и др.

Между выдачей технических заданий на разработку проектов кораблей 1134 и 1134А прошло около трех лет,



Рис. 2. БПК «Маршал Тимошенко» пр. 1134А

поэтому в проект модернизированного БПК пришлось внести не только коррективы, обусловленные появлением новых образцов вооружения и техники. Ряд изменений был связан с совершенствованием тактики боевого использования этих кораблей и опыта их повседневной эксплуатации. Однако масштаб этих корректировок ограничивался необходимостью сохранения главных размерений корабля, которые лимитировались габаритами эллинга завода им. А.А. Жданова. Кораблестроительные элементы пр. 1134А по сравнению с 1134 изменились незначительно. Корректировка проекта привела к небольшому увеличению водоизмещения и небольшому снижению скорости хода.

Впервые на отечественном надводном боевом корабле была реализована схема размещения крупногабаритной антенны ГАС «Титан-2» в носовом бульбовом обтекателе. Из-за этого якорные клюзы пришлось вынести как можно дальше в нос, вследствие чего корабль получил характерный стремительный и хищный внешний вид.

Опыт эксплуатации авиационного вооружения корабля пр. 1134 показал, что ВПП и ангар были размещены слишком низко, что часто приводило к их заливанию и забрызгиванию на ходу корабля даже при умеренном волнении. Поэтому на новом БПК ВПП разместили выше на одну палубу, а сам ангар выполнили полуутопленным, с подачей вертолета на ВПП при помощи специального подъемника.

Контейнерные ненаводящиеся ПУ ПЛРК «Метель» с ракетами 85Р (по четыре с каждого борта) заняли места ракет П-35 на кораблях пр. 1134. Таким образом «ударный» боекомплект корабля увеличился в два раза.

Боекомплект ЗУР В-611 из-за применения барабанной (револьверной) системы хранения и подачи ракет на пр. 1134А уменьшился и составил по 24 ракеты на каждую ПУ. Системы управления комплексами «Шторм» и «Метель» были интегрированы в систему «Гром-М». Несколькo увеличился боекомплект РГБ для РБУ-1000: их стало 60 вместо 48 на 1134-м проекте.

В процессе строительства серии БПК пр. 1134А на некоторых из них усилили зенитные огневые средства, дополнительно установив по четыре 30-мм установки АК-630. Это улучшило противовоздушную и противоракетную оборону кораблей, однако размещение личного состава на БПК стало более стесненным.

Следует отметить, что на новых БПК традиционно большое внимание уделялось мерам по снижению физических полей корабля, уровню помех его гидроакустической станции, а также воздушного шума.

Головной БПК пр. 1134А, получивший название «Кронштадт», был заложен в июне 1966 г. на судостроительном заводе им. А.А. Жданова, спущен на воду в феврале 1968 г. и вступил в строй в сентябре 1969 г. Всего до 1977 г. на этом заводе было построено еще девять кораблей этого типа.

На части кораблей в процессе плановых ремонтов противолодочный комплекс «Метель» был заменен на новый универсальный комплекс «Раструб-Б», способный поражать и подводные лодки, и надводные корабли.

Все корабли пр. 1134А были исключены из состава ВМФ в 1991–1992 гг. (табл. 2).

Тактико-технические характеристики БПК пр.1134А

Водоизмещение, т:	
стандартное	5600
полное	7535
Размерения, м	
длина наиб./по КВЛ	158,8/148,0
ширина наиб./по КВЛ	16,9/16,3
осадка средняя	5,32
Скорость хода, уз:	
полного	32,9
экономического	18,0
Дальность плавания, мили	5200 (18,0)
Тип ГЭУ, мощность, л.с. КТУ	88970
Экипаж, чел.	387
Вооружение:	
противолодочное	2×4 ПУ РПК «Метель»
зенитное	2×2 ПУ УЗРК «Шторм»
артиллерийское	2×2 – 57, 4×6 – 30
торпедное	2×5 533мм ТА
бомбовое	2 РБУ-6000; 2 РБУ-1000
авиационное	вертолет Ка-25
РЛС обнаружения ВЦ и НЦ	МР-600;
	МР-310А
РЛС навигационная	2 «Волга»
	ГАС МГ-332

Основные этапы постройки БПК проекта 1134А

Наименование корабля	Зав. номер	Заложен	Спущен на воду	Вступил в строй ВМФ
«Кронштадт»	721	30.11.1966	10.07.1968	29.12.1969
«Адмирал Исаков»	722	15.01.1968	22.11.1968	28.12.1970
«Адмирал Нахимов»	723	15.01.1968	15.04.1969	29.11.1971
«Адмирал Макаров»	724	23.02.1969	22.11.1970	25.10.1972
«Маршал Ворошилов» (с 24.01.1991 – «Хабаровск»)	725	20.03.1970	08.10.1970	15.09.1973
«Адмирал Октябрьский»	726	02.06.1969	21.05.1971	28.02.1973
«Адмирал Исаченков»	727	30.10.1970	28.03.1972	05.11.1974
«Маршал Тимошенко»	728	02.11.1972	21.10.1973	25.11.1975
«Василий Чапаев»	729	22.11.1973	28.11.1974	30.11.1976
«Адмирал Юнашев»	730	17.04.1975	30.09.1977	30.12.1977

БОЛЬШИЕ ПРОТИВОЛОДОЧНЫЕ КОРАБЛИ ПР. 1134Б

В апреле 1966 г. Северное ПКБ получило задание ВМФ и приказ Минсудпрома, предписывающее, минуя стадию эскизного проекта, приступить к разработке технического проекта «газотурбинного» БПК. Проекту был присвоен номер 1134Б и шифр «Беркут-Б».

Работы по нему начались в мае 1966 г. и осуществлялись под руководством В.Ф.Аникиева.

В 1966 г. было принято решение о развертывании строительства кораблей пр. 1134А в Николаеве на заводе им. 61 Коммунара, заменив на них котлотурбинную ГЭУ на газотурбинную.

Следует отметить, что там же, в Николаеве, находилось СПБ «Машпроект», разрабатывавшее ГЭУ для кораблей ВМФ, а также Южный турбинный завод (ЮТЗ), где было освоено их серийное производство.

Таким образом, строительство кораблей и производство их энергетических установок было сосредоточено в одном регионе.

На новом корабле было существенно усилено зенитное ракетное вооружение за счет установки двух комплексов малой дальности «Оса-М». Кроме того, предусматривалась замена 57-мм артиллерийских установок АК-725 на более мощные 76-мм АК-726.

Было принято предложение установить на проектируемом БПК вместо предусмотренной заданием ГАС «Титан-2», усовершенствованную станцию «Титан-2Т», а также буксируемую ГАС «Вега» с опускаемой антенной переменной глубины, разместив ее в кормовой части корабля.

КБ завода «Большевик» предложило вместо ПУ Б-187А комплекса М-11, рассчитанной на хранение в погребе ракет на барабанах, установить перспективные ПУ конвейерного типа Б-192, что позволило заметно увеличить их боекомплект.

В ходе работы над техническим проектом к предусмотренным заданием

двум станциям «Волга» добавились третья навигационная РЛС «Дон», а также новые средства радиопротиводействия и радиосвязи.

Валопроводы и обтекатель АП ГАС получили электроизоляцию от корпуса.

К другим нововведениям, реализованным в пр. 1134Б, следует отнести: малозумные винты фиксированного шага с увеличенными расстояниями между ними и корпусом корабля; подводные фундаменты маршевых газотурбинных двигателей и газотурбогенераторов с двухкаскадной амортизацией, которая помимо снижения структурного шума; повысила и живучесть энергетической установки при сотрясениях корпуса от взрывов; оклеивание части корпуса и некоторых фундаментов пластмассой «Агат»; использование противозумных коффердамов со стальными звукоизолирующими зашивками; глушение шума в газоходах и приемниках воздуха; форму и размеры дымовой трубы, выбранные, исходя из стремления обеспечить минимальный уровень тепловых полей и удаление основных постов и жилых помещений от источников шума.

По воспоминаниям участников, разработка технического пр. 1134Б представляла собой исключительно творческий процесс как для самих сотрудников предприятий-контрагентов, так и для НИИ промышленности и ВМФ. Главкомандующий ВМФ Адмирал Флота Советского Союза С.Г.Горшков неоднократно посещал Северное ПКБ, заслушивал доклады о ходе проектирования корабля, советовался с руководством бюро и

ведущими специалистами по вопросам, связанным с повышением боевых и эксплуатационных качеств БПК пр. 1134Б.

Корпус корабля (как и на 1134А) имел удлиненный полубак, но надстройки были более развитыми. Объем надпалубных конструкций здесь был на 38 % больше, чем на корабле пр. 1134А.

За счет применения конвейерной, а не барабанной, как на пр. 1134А, системы подачи боезапаса удалось довести количество ЗУР В-611 на каждый комплекс до 40 ед. (т.е. на 40 % больше, чем на 1134А).

Тип ГЭУ predetermined архитектуру надстроек корабля. Из-за необходимости размещения больших по сечению газоходов и воздухоприемников дымовую трубу, в отличие от пр. 1134А, было решено установить отдельно от башеноподобной мачты. Газотурбинные двигатели расположили в двух эшелонах, каждый из которых включает два форсажных реверсивных ГТД М-8Е мощностью по 20 000 л.с., работающих на спаривающий односкоростной редуктор, и один маршевый реверсивный двигатель М-62 мощностью 6000 л.с. с двухскоростным редуктором.

Однако, как показал опыт эксплуатации кораблей пр. 1134Б, маршевые двигатели редко использовались, так как не обеспечивали требуемых показателей, а сама ГТУ оказалась слишком сложной, дорогостоящей и недостаточно надежной.

Для обеспечения заднего хода на БПК пр. 1134Б были установлены реверсивные ГТД. Система «Тайфун» обеспечивала автоматическое управление всеми главными и вспомогательными механизмами, а система «Ангара-А» – электроэнергетической установкой и основными корабельными системами.

Относительная масса боевых средств (вооружение и боезапас) в стандартном водоизмещении корабля пр. 1134Б достигла наивысшей величины для кораблей такого класса. Зарубежные специалисты в своих заключениях отмечали, что это сделано за счет ухудшения обитаемости для личного состава. В действительности, на кораблях пр. 1134Б были созданы действительно комфортные условия для личного состава. Офицеры размещались в одно-, двух- и четы-



Рис. 3. Головной БПК «Николаев» пр. 1134Б



Рис. 4. БПК «Николаев» пр. 1134Б. Кормовая крышка буксируемой ГАС переменной глубины «Вега»

рехместных каютах, мичманы в двух- и десятиместных помещениях, а старшины и матросы – в кубриках вместимостью до 12 до 20 человек. В кают-компаниях и в столовой имелись специальные киноаппараты.

Тактико-технические характеристики БПК пр. 1134Б

Водоизмещение, т[^]
 стандартное 6670
 полное 8553
 Размеры, м[^]
 длина наибольшая/по КВЛ..... 173,4/161,9
 ширина наибольшая/по КВЛ. 18,54/16,78
 осадка средняя 5,3
 Скорость хода, уз[^]
 полного 33
 экономического 18,0
 Дальность плавания, миль 7100 (18,0)
 Тип ГЭУ, мощность, л.с. КТУ 93060
 Экипаж, чел. 425
 Вооружение:
 противолодочное.. 2×4 ПУ РПК «Метель»
 зенитное..... 2×2 ПУ УЗРК «Шторм»,
 2 ПУ ЗРК «Оса-М»
 артиллерийское 2×2 – 76,2; 4×6 – 30
 торпедное 2×5 533мм ТА
 бомбовое..... 2 РБУ-6000; 2 РБУ-1000
 авиационное вертолет Ка-25
 РЛС обнаружения ВЦ и НЦ МР-600;
 МР-310А
 РЛС навигационная 2 «Волга; 1 «Дон»
 Средства РЭБ набор средств
 ГАС МГ-332И; МГ-325

Технический пр. 1134Б был утвержден 27 ноября 1967 г., однако первые рабочие чертежи (для разбивки плаза) были выданы заводу-строителю корабля еще раньше, в четвертом квартале 1966 г. Перед этим по согласованию с ВМФ в самый последний момент перед выдачей теоретического чертежа на плаз завода Северное ПКБ приняло решение удлинить корабль еще на 2 м (до 162 м по КВЛ). Эти метры были получены за счет введения в корпус четырех вставок (по одной шпации 0,5 м). В результате удалось разрядить затесненность ряда помещений и создать некоторый резерв площадей для постов и бытовых помещений. Это решение в дальнейшем себя полностью оправдало. В 1967 г. в

основном закончилась разработка и поставка рабочих чертежей по корпусу и развернулся выпуск чертежей по другим специализациям. В связи с большой загруженностью В.Ф.Аникиева на строительстве кораблей пр.1134А на Северной верфи в ноябре 1967 г. А.К. Перьков, начальник и главный конструктор Северного ПКБ, был назначен и главным конструктором пр. 1134Б.

Одновременно в связи с широким развертыванием строительства головного корабля были назначены и новые заместители главного конструктора: М.Г. Гольберг, В.А. Ивойлов и А.Н. Кожевников.

При разработке рабочих чертежей пр.1134Б в бюро впервые были разработаны совмещенные согласовательные чертежи, включающие большие переделки на корабле при монтаже оборудования, судовых систем и кабелей. Было положено начало решения извечной проблемы ЦКБ и завод-строителей – взаимных накладок на месте из-за отсутствия детальных установочных размеров в рабочих чер-

вого комплекса М-11 «Шторм» на нем был установлен опытный образец нового многоканального ЗРК С-300Ф с системой управления «Форт». В связи с этим пятитрубные торпедные аппараты были заменены на двухтрубные.

Проект 1134Б получил высокую оценку зарубежных кораблестроителей и моряков. «Можно с уверенностью утверждать, что корабль имеет исключительно эффективное оборонительное и наступательное оружие и по боевым возможностям значительно превосходит все западные крейсера подобного типа», – писал журнал «Aviation and Marine international» (1973, № 2, с.35–37).

Боевая служба головного корабля «Николаев» продолжалась 21 год. В 1992 г. он, а также БПК «Ташкент» были исключены из состава флота. В 1995–1998 гг. та же участь постигла «Петропавловск», «Таллин» (с 1990 г. – «Владивосток») и «Азов». Два БПК – «Очаков» и «Керчь» – оставались в составе Черноморского флота до 2010–2011 гг. (табл. 3).



Рис. 5. БПК «Керчь» пр. 1134Б и БПК «Азов» пр. 1134БФ с опытным образцом ЗРК С-300Ф

Таблица 3

Основные этапы постройки БПК проекта 1134Б

Наименование корабля	Зав. номер	Заложен	Спущен на воду	Вступил в строй ВМФ
«Николаев»	2001	25.06.1968	19.12.1969	31.12.1971
«Очаков»	2002	19.12.1969	30.04.1971	04.11.1973
«Керчь»	2003	30.03.1971	21.07.1972	25.12.1974
«Азов»	2004	21.07.1972	14.09.1973	25.12.1975
«Петропавловск»	2005	09.09.1973	22.11.1974	29.12.1976
«Ташкент»	2006	22.11.1974	05.11.1975	21.12.1977
«Таллин» (с августа 1990 г. «Владивосток»)	2007	05.11.1975	05.11.1976	21.12.1978

тежах. На заводе им. 61 Коммунара до 1980 г. было построено семь кораблей этого проекта.

По мнению специалистов, БПК пр. 1134Б являлись наиболее мощными и совершенными кораблями своего класса в советском ВМФ.

Один из серийных кораблей пр. 1134Б «Азов» был в 1977 г. дооборудован по пр. 1134БФ. Вместо кормо-

ЛИТЕРАТУРА

1. Вместе с флотом России: К 65-летию ОАО «Северное ПКБ» / Под ред. В.И. Спиридопуло. – СПб.: ИД «Информ ВС», 2011.
2. Зубов Б.Н. Записки корабельного инженера. Развитие надводного кораблестроения в Советском Союзе. – М.: Ключ, 1998. ■

В 2017 г. исполняется 50 лет вступления в строй головного пограничного сторожевого корабля пр. 205П «Тарантул».

В 1967 г., в 50-ю годовщину Советской власти, Военно-Морской Флот СССР пополнился не одним головным кораблем нового проекта. О многих из них опубликовано немало работ, включая подробные монографии. Пожалуй, наименее известны и по сей день корабли морских пограничников, которые в большинстве своем созданы трудом нескольких поколений инженеров и конструкторов ЦМКБ «Алмаз».

Полвека несли свою нелегкую службу по охране морских рубежей России замечательные корабли, незаслуженно обойденные вниманием исследователей. Даже в малоизвестных массовому читателю специализированных изданиях [1, 2] «Тарантулу», «Грифу», сверхскоростному катеру-перехватчику пр. 125А, тоже начавшим свою длительную пограничную «карьеру» в тот год, посвящено всего несколько страниц. Это можно объяснить несколькими причинами, не последнее место среди которых занимает более строгий режим секретности ведомства, где служили эти корабли и катера.

Начиная повествование о создании кораблей пр. 205П, построенных в рекордном количестве и продолжающих службу до настоящего времени, следует прежде всего сказать, что «Тарантул» стал первым кораблем советских морских пограничников, полностью отвечавший их специфическим требованиям. Поэтому появление на вооружении малого ПСКР пр. 205П означало для моряков-пограничников смену эпох.

Сложилось так, что охрану морских рубежей великого социалистического государства еще с довоенного времени приходилось вести на кораблях и катерах, от которых по причине их низкой эффективности и даже непригодности для решения штатных задач старался избавиться ВМФ. Сейчас, когда Береговая охрана Пограничной службы ФСБ России на протяжении полутора десятилетий успешно эксплуатируя целый спектр специализированных катеров и кораблей, получает спроектированный в полном соответствии с разработанным в несколько этапов и тщательно выверенным заданием головной ПСКР 1 ранга пр. «Океан», такую ситуацию даже трудно себе представить.

Необходимость строительства пограничных кораблей по специальным проектам становилась предметом обсуждения уже в 1946 г., однако накал

ПОГРАНИЧНЫЙ СТОРОЖЕВОЙ КОРАБЛЬ «ТАРАНТУЛ»

ЧАСТЬ 1

*Д.Ю. Литинский, вед. инженер АО ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 5598*

конфликта между командованием ВМФ и руководством наркомата (министерства) судостроительной промышленности был тогда столь высок, что с формулировкой «невозможно из-за отсутствия специализированных производственных мощностей судостроительной промышленности» благое намерение надолго похоронили.

Приведем оценку ситуации с корабельным составом морской пограничной охраны Советского Союза в конце 1940-х – начале 1950-х гг.: «Послевоенное руководство пограничных войск не в полной мере представляло себе перспективы развития морских сил, поэтому строительство и использование специальных пограничных кораблей было признано нецелесообразным. МВД считало, что специфичным условиям несения пограничной службы полностью удовлетворяли военные корабли, строительство которых осуществлялось по проектам, разработанным для ВМС. Кроме того, руководство Вооруженных сил и МВД возражало против строительства кораблей по новым проектам, учитывавшим пограничную специфику, доказывая, что в военное время их применение наравне с кораблями ВМС для выполнения тактических задач будет затруднено» [3].

Для того времени логика рассуждений вполне понятна, но вот что получалось фактически.

Во время Великой Отечественной войны утвердилась концепция создания на одной базовой платформе торпедного катера и малого охотника за подводными лодками, не слишком удачная по замыслу, но для военного времени вполне разумная (за исключением, пожалуй, требования «унифицировать» деревянный и металлический корпус). Однако реализовывалась она в «габаритном» корпусе и с доступными двигателями. Совершенно необходимая для противолодочного катера гидроакустическая поисковая аппаратура – это отдельный вопрос, ибо работоспособных станций отечественного производства просто не было. Результат унификации для охотников за подводными лодками – низкая мореходность, малая скорость, отсутствие экономичных поисковых ходовых режимов, не говоря уже об обитаемости и автономности...

Принятый десятилетний план во-

енного кораблестроения предписывал построить более 800 торпедных катеров двух подклассов (больших и малых), поэтому все проблемы с обеспечением этой программы дизельными двигателями и по-прежнему дефицитным дюралюминием оставались, как и с организацией массового производства катеров. Несмотря на все усилия, по новым проектам до конца войны удалось построить всего шесть торпедных катеров – пять ТМ-200 (в 1944–1945 гг.) и один ТК ДД (1943 г.) [4].

Знакомство с ленд-лизскими деревянными торпедными катерами*, с одной стороны, и возможность (благодаря независимому от ВМФ положению!) отказаться от ставшей догмой железнодорожной габаритности – вот те необходимые и достаточные условия, которые имелись у проектантов Особого технического бюро № 5 МВД СССР в начале работы над проектом торпедного катера дальнего действия – проектом 183. В феврале 1946 г. после перевода «шараги» из Зеленодольска в Ленинград продолжавшие отбывать сроки заключения сотрудники ОТБ обратились с письмом к Сталину, доказывая необходимость разработки проекта большого торпедного катера, превосходящего по тактико-техническим элементам «Vosper», «Higgins» и «Elco». В конце 1947 г. совместным решением командования ВМФ, руководства МВД и Министерства судостроительной промышленности ленинградскому заводу № 5 МСП было поручено построить головной катер пр. 183.

На заводе № 5 (до 1939 г. находился в ведении НКВД) после окончания войны велась сборка поставленных в СССР американских катеров. Дело в том, что «Electric Boat Co.» не имела права продавать нам готовые катера, поэтому она поставляла технологические комплекты корпусных конструкций, механизмы, оборудование и техническую документацию. Все это доставлялись в Архангельск, оттуда по железной дороге – в Ленинград, где на заводе № 5 организовали сборочное производство. Поскольку завод получил опыт сборки катеров и располагал полным комплектом РКД, в 1946 г. рассматривалась возможность

* От союзников с апреля 1943 г. мы получили 202 ТК: 52 типа «Higgins», 90 типов «Vosper-300» «Vosper-400» и 60 типа «Elco».

запуска в серийное производство советской копии «Елсо». Руководство Минсудпрома и завода предпочитало связывать перспективы с постройкой «габаритных» деревянных катеров пр. ТД-200бис. С 1947 по 1952 г. построено 168 ТК, считавшихся тогда катерами дальнего действия.

Постановление Совета Министров СССР № 4748–1823 от 15 октября 1949 г. обязало Минсудпром передать проектирование отдельных классов кораблей и катеров из ЦКБ специализированным заводам вместе с необходимым количеством специалистов. Во исполнение этого решения заводу № 5 передавалось проектирование торпедных катеров дальнего действия, при нем создавалось СКБ-5, в которое откомандировывались конструкторы из ЦКБ-19 и ОКБ-5 МВД. Приказом начальника 1-го Главного управления Минсудпрома от 13 мая 1950 г. из ЦКБ-19 в СКБ-5 передавались все работы по катерам ТД-200бис (14 человек во главе с Д. В. Вологдиным), а из ОКБ-5 – по пр.183 (24 человека во главе с П. Г. Гойнкисом).

После завершения постройки установочной серии «сто восемьдесят третьих» в 1950 г. РКД передали сосновскому заводу № 640 и заводу № 602 во Владивостоке. Подготовка производства заняла еще около года. Если главному ленинградскому заводу забот на ближайшие годы хватало, то СКБ-5 для оправдания своего существования жизненно необходима была работа над новыми проектами. Ведь в Ленинграде огромным количеством всевозможных катеров продолжало успешно заниматься специализированное ЦКБ-19. Постановление ГКО от 7 августа 1944 г. никто не отменял*, и появление узкоспециализированной проектно-конструкторской организации, хоть и не имевшей статуса ЦКБ, многими воспринималось «в штyki».

По документам пока не удалось определить, у кого появилась мысль вновь «поднять знамя» унификации и предложить флоту скоростной малый охотник на основе уже запущенного в серию торпедного катера. Военные моряки, имея опыт эксплуатации полученных от союзников малых кораблей с эффективным противолодочным вооружением и средствами поиска подводных лодок, весьма скептически относились к настойчивым предложениям Минсудпрома продолжать



Малый противолодочный корабль пр. 201М

серийную постройку малых охотников по «доработанным военным проектам», понимая, что в водоизмещении 40–50 т разместить перспективное отечественное вооружение и средства обнаружения не получится. В 1947 г. флот разработал тактико-техническое задание на проектирование малого охотника в стальном корпусе водоизмещением 120–150 т, ЦКБ-19 разработало эскизный проект с дизелями 30Д. Однако осуществлению реализации помешали два обстоятельства: отсутствие планировавшихся главных двигателей и невозможность строительства катеров на тех заводах, которые Минсудпром считало возможным для этого использовать. Поскольку препятствия посчитали объективными, а для жарких споров между флотом и промышленностью хватало более крупных и значимых проектов кораблей, на два года о пр. 201 забыли. А вспомнили, когда понадобилось загрузить работой только что созданное в Зеленодольске ЦКБ-340. Ему-то в начале 1950 г. и поручили новый эскизный проект, но уже с серийными дизелями М-50Ф (30Д по-прежнему оставался в перспективе).

Технический пр. 201 с дизелями М-50Ф утвердили в 1951 г., когда противолодочное вооружение еще находилось в разработке. Трехвальный корабль получился с весьма сложной механической установкой: на бортовые валы работали два спаренных двигателя (4×1200 л.с.), на средний – один М-50Э (600 л.с.). Первые корабли решили вооружить четырьмя шточными бомбометами БМБ-1, одноорудийной 45-мм артиллерийской установкой СМ-21-ЗИФ и двумя спаренными 25-мм 2М-3М. После запуска «двести первого» в серию с системами «Ураган» и «Смерч» (с РБУ-2500) плани-

ровалось прекратить строительство больших охотников пр. 122бис, которые к тому времени уже совершенно не отвечали требованиям ВМФ к противолодочным кораблям.

Технические характеристики корабля пр. 201

Водоизмещение, т:	
– стандартное.	138
– полное	158
Главные размеры, м:	
– длина наиб.	39,75
– ширина наиб.	6,01
– осадка средняя при $D_{полн}$	1,58
– осадка с опущенным обтекателем ГАС «Тамир-11»	2,86

Летом 1952 г. на заводе № 340 началась постройка двух кораблей, которые после проведения швартовных испытаний перевели в Ленинград, на завод им. А. А. Жданова, где до конца 1953 г. шли заводские ходовые испытания. В январе 1954 г. в Балтийске начались государственные испытания, на которых корабли показали полный ход 24,5 уз. Мореходные испытания выявили серьезные проблемы с прочностью корпусов в штормовых условиях. Потребовалась существенная корректировка проекта.

С учетом всех этих событий становится понятно появление деревянного малого охотника пр. 199, в котором оказался весьма заинтересован не только ВМФ, нуждавшийся в более скоростных и более мореходных кораблях, но морские пограничники, которым де-факто не требовалось противолодочное вооружение, а наиболее импонировал 35-узловой полный ход «сто девяносто девятых».

Предэскизный проект (т.е. обоснование элементов ТТЗ для заказчика) разработан под руководством главного конструктора П. Г. Гойнкиса в 1951 г., в следующем году выполнен технический проект, после утверждения которого сразу начали выпуск документации для начала строительства уже в январе 1953 г. К концу того же года первые два противолодочных катера пр. 199 были сданы ВМФ.

За счет снятия торпедного вооружения разместили два траверзных

* Постановлением Государственного Комитета Обороны СССР от 7 августа 1944 г. ЦКБ-19, созданное в 1931 г. для разработок морского оружия (ЦКБС-3, переименовано в декабре 1936 г.), перепрофилировалось на проектирование боевых катеров. С предложением объединить распыленные по многочисленным заводам силы проектантов-катерников выступил В. М. Бурлаков. Он возглавил обновленное ЦКБ-19, возвращенное из эвакуации в Ленинград, с 1945 г. стал главным инженером и главным конструктором этой организации. Начальником был назначен И. И. Костецкий.



Большой охотник пр.122бис



Малый охотник пр. 199

бомбомета БМБ-2, 34 глубинные бомбы ББ-1 и ГАС «Тамир-11», для которой разработали новое поворотное-выдвижное устройство. Как дань военному опыту рубка, как и на «сто восемьдесят третьем», было выполнена бронированной и с открытым ходовым мостиком. Катер оборудовался РЛС «Зарница» и аппаратурой госопознавания «Факел-М».

Поскольку водоизмещение противолодочного катера возросло на 23 т (с 66 до 83), скорость полного хода уменьшилась до 35 уз. Запаса топлива (10,3 т) хватало на 600 миль 14-узловым ходом. Экипаж катера увеличился до 23 человек, автономность снизилась до 3 сут.

Технические характеристики малого охотника пр. 199

Водоизмещение:

– нормальное 71 т,
полное 83 т.

Главные размерения, м:

– длина наиб./по КВЛ 25,5/25,0
– ширина наиб./по КВЛ 6,20/5,20
– осадка 1,45

В течение 1954 г. строительство серии скоростных малых охотников оставалось под вопросом и оказалось узаконенным только «под елочку» – Постановление Совета Министров СССР № 2521–1213сс «О постройке опытной серии малых охотников за подводными лодками пр. 199» вышло 29 декабря 1954 г. До

конца 1955 г. завод № 5 сдал 16 катеров, всего же до 1960 г. построено 52 малых охотника.

Получившее в феврале 1956 г. статус ЦКБ СКБ-5, которым с момента создания руководил Е. И. Юхнин, все это время успешно продолжало вести разработки на основе торпедного катера пр. 183 и теперь обратилось к созданию ракетных, начав с деревянного 183Р и продолжив проектом-долгожителем 205.

Вскоре после того как за создание первых в мире ракетных катеров уже была присуждена Ленинская премия, приказом Государственного комитета Совета Министров СССР по судостроению № 016 от 17 января 1963 г. к ЦКБ-5 присоединили ЦКБ-19 и опытный Морской завод. Этим же приказом ЦКБ-5 стало именоваться Центральным морским конструкторским бюро «Алмаз».

Как известно, на вооружении морской пограничной охраны МВД-КГБ СССР на протяжении двух десятилетий находились переданные в разное время военно-морским флотом охотники за подводными лодками – малые противолодочные корабли и катера пр. 122бис, пр. 201М и пр. 199, составлявшие основу корабельного состава на всех театрах.

В первой половине 60-х гг. XX в. в результате целого ряда изменений в политике военного кораблестроения, наконец, сложились усло-

вия, позволившие руководству КГБ СССР рассчитывать на удовлетворение настойчивых запросов морских пограничников на новые корабли с всесторонним учетом полученного в результате длительной эксплуатации кораблей и катеров послевоенного поколения.

Тактико-техническое задание на проектирование пограничного сторожевого корабля поступило в ЦМКБ «Алмаз» при письме Главного управления Пограничных войск КГБ СССР от 24 апреля 1963 г. Основные требования были сформулированы следующим образом:

- класс корабля: пограничный сторожевой корабль с вооружением малого корабля ПЛО;
- назначение корабля: охрана государственной границы, в военное время – борьба с подводными лодками в ближней зоне ПЛО;
- артиллерийское вооружение: две спаренных автоматических артиллерийских установки АК-230 с дистанционным управлением от радиолокационной системы МР-104 «Рысь» с боезапасом по 500 выстрелов на ствол;
- противолодочное вооружение: четыре торпеды МГТ-2 с прибором управления типа «Сирена»;
- радиолокационное вооружение: РЛС «Рангоут» и РЛС опознавания «Нихром-РРМ»;
- гидролокационное вооружение: ГАС МГ-312И;
- скорость хода, максимальная – 36 уз, экономическая – 12–16 уз;
- дальность плавания: 1200 миль экономическим ходом;
- мореходность: при использовании оружия – 4 балла (высота волны – 2–3,5 м), нахождение в море – 7–8 баллов (высота волны – 6–8,5 м);
- автономность: 10 сут.
- экипаж – 30 чел. (4 офицера, 8 старшин и 18 матросов).

Главным конструктором нового проекта в ЦМКБ «Алмаз» назначили В. М. Бурлакова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз». Флоту Отечества. – СПб., – 2008.
2. Юхнин Е.И. Боевые катера России. – СПб., – 1995.
3. Кравчук С.А. Обеспечение безопасности морских пограничных пространств на Тихом океане в послевоенный период // Вестник Военного университета. – 2010. – №1 (21). – С.71-75.
4. Прасников В.Б. Большой торпедный катер проекта 183. Тайфун. – 2001. – Вып.33, 34, 35. ■

Во второй половине XX в. в СССР был создан мощный океанский ракетноносный подводный атомный флот под руководством талантливых и высокопрофессиональных организаторов и специалистов. Одним из них, безусловно, являлся инженер-кораблестроитель Павел Александрович Черновёрхский.

Родился он 22 июля 1916 г. в Нижнем Новгороде в семье инженера Сормовского завода Александра Михайловича Черновёрхского.

После окончания в марте 1939 г. кораблестроительного факультета Горьковского политехнического института Павел Александрович был направлен на завод «Красное Сормово», где в то время строились подводные лодки IX-бис серии типа «С» мастером на участок главных машин в монтажно-сдаточный цех. В августе 1939 г. он был назначен помощником строителя на эти лодки. Затем, пройдя в Ленинграде с ноября 1939 по июнь 1940 г., курсы повышения квалификации по подводным лодкам, где лекции читали главные конструкторы Б. М. Малинин и М. А. Рудницкий, Павел Александрович был отправлен в Кронштадт на сдаточную базу. Там осенью 1940 г. его назначают ответственным сдатчиком ПЛ С-11, на которой под его руководством были проведены швартовные, а с мая 1941 г. ходовые испытания. Здесь 21 июня 1941 г. он встретил начало Великой Отечественной войны. 1 июля ПЛ С-11 была принята в состав ВМФ, а Павел Александрович вместе со сдаточной командой вернулся в Сормово.

За время войны ответственным сдатчиком он еще достраивал и сдавал военно-морскому флоту ПЛ С-16 и С-22 в Баку на Каспии, а С-17 в Молотовске на Белом море и в Полярном на Баренцевом море. Так проходило его становление как корабеля-подводника.

В 1946 г. Павла Александровича назначают начальником судомонтажного цеха, который выполнял все монтажно-трубопроводные работы на всех строившихся судах завода «Красное Сормово». В апреле 1949 г. за скоростное строительство речных судов ему в группе работников завода было присвоено звание лауреата Государственной премии, а в связи со 150-летием завода вручен орден Трудового Красного Знамени.

С мая 1950 г. П. А. Черновёрхский в течение двух лет работает главным инженером Навагинского судостроительного завода, а с мая 1952 г. – главным инженером завода «Ленинская кузница» в Киеве.

В июле 1954 г. он был назначен главным инженером завода «Красное Сормово», где в то время шло интенсивное строительство ПЛ пр. 613, требовалось совершенствование организации производства, наращивание производственных

П.А. ЧЕРНОВЕРХСКИЙ К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

И.В. Иванов, член секции истории

*при ЦП РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 315 5027*



мощностей, происходило техническое переоснащение предприятия. В эту работу активно включился и Павел Александрович, проявив высочайшие ответственность, профессиональные знания и организаторские способности. Ему приходилось и непосредственно руководить в декабре 1954 г. на сдаточной базе испытаниями, когда потребовалась сдача пяти ПЛ пр. 613, кроме 24 ПЛ, уже сданных в этом году. При его участии шли подготовка и строительство более совершенных ПЛ пр. 633, проходила модернизация ПЛ пр. 613, в том числе для установки на ПЛ ракет П-5 В. Н. Челомея.

Затем заводу «Красное Сормово» было поручено строительство серии дизельных ПЛ пр. 651 с крылатыми ракетами В. Н. Челомея по-прежнему с подводным стартом. Это потребовало продолжения технической реконструкции завода, совершенствования оснастки, освоения новых материалов, введения дополнительных видов контроля, совершенствования сварочных работ новых видов корпусных сталей, сплавов алюминия и титана. И вся эта работа требовала постоянного внимания главного инженера П. А. Черновёрхского.

Вместе с тем продолжающаяся научно-техническая революция брала свое. ЦКБ «Лазурит», выросшее из СКБ завода «Красное Сормово», набралось опыта особенно после создания ДПЛ пр. 633, и выиграло конкурс на проектирование АПЛ пр. 670 2-го поколения с крылатыми ракетами «Аметист» с подводным стартом. Эта задача ускорила реконструкцию завода «Красное Сормово», пришлось усиливать слеп, строить не только новый эллинг, но и новые мастерские, энергоблоки и КДП, создавать специальные стенды, оснаст-

ку и специальные производства, в том числе отдел автоматики для выполнения наладочных и сдаточных работ. Это требовало повышенного внимания Павла Александровича к совершенствованию технологий производства, к обучению работников отделов и цехов, к освоению атомной энергетики.

Его опыт, знания и работа, проделанная на заводе «Красное Сормово», были по достоинству оценены руководством Минсудпрома, и в начале 1965 г. он был назначен сначала первым заместителем, а затем начальником Технического управления министерства. В ноябре 1966 г. П. А. Черновёрхский возглавил 1-е Главное управление Минсудпрома, которому подчинялись все заводы, строящие и ремонтирующие АПЛ, все ЦКБ по проектированию ПЛ.

На этом посту он проявил свои знания технологии постройки кораблей, здесь раскрылись его организаторский талант, умение находить выход из сложнейших положений, всегда поддерживать полезную инициативу. Только такой профессионал, сам прошедший все этапы постройки и испытаний подводных лодок нескольких поколений, мог стать координатором и руководителем таких важнейших производств, как создание новейших стратегических АПЛ. При этом он ценил талант в людях и помогал многим молодым руководителям в получении необходимого опыта.

За время руководства П. А. Черновёрхским с 1966 по 1985 г. ведущего главка министерства, объем производства которого составлял четверть всего производства министерства, ни разу не был сорван план сдачи АПЛ, флот пополнялся новыми АПЛ 2-го и 3-го поколений, продолжалось строительство ДПЛ, в том числе и на экспорт. При этом Павел Александрович Черновёрхский не был кабинетным руководителем, постоянно бывал на заводах и в ЦКБ, был прост в общении и пользовался всеобщим уважением трудовых коллективов руководимых им предприятий.

Родина высоко оценила его самоотверженный и плодотворный труд. Кроме упомянутой выше награды он был удостоен Государственной премии (1977 г.), Ленинской премии (1984 г.), награжден тремя орденами Ленина и медалями.

Скончался Павел Александрович, немного не дожив до своего 90-летия, 9 мая 2006 г. и похоронен в Москве. ■

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 статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полугутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полугутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 6.29.123.56 **Ключевые слова:** АО «Морские навигационные системы», интегрированные мостиковые системы, морская техника

К.А. Смирнов. АО «Морские навигационные системы»: 25 лет на службе Отечеству // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 1

Продукция АО «Морские навигационные системы», которому исполняется 25 лет, хорошо известна в стране и за рубежом. Это широкий спектр морской техники, включая интегрированные мостиковые системы, электронные картографические навигационные информационные системы, системы машинных и рулевых телеграфов и др. Предприятие выполняет полный технологический цикл от проектирования до изготовления и испытаний оборудования. Подведены некоторые итоги деятельности. Ил. 6.

УДК 624.042.43, 627.88 **Ключевые слова:** ледовая нагрузка, регламентация, морское ледостойкое сооружение, защита

Е.М. Апполонов, Г.Ф. Демешко, Г.Б. Крыжович, В.М. Шапошников, В.В. Якимов. Регламентация локальных ледовых нагрузок и проектирование противоледовой защиты морских ледостойких сооружений // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 9

Исследования посвящены разработке рекомендаций по нормированию прочности и проектированию конструкций ледовой защиты перспективных морских ледостойких сооружений для эксплуатации на арктическом шельфе. На основе экспериментальных и расчетных результатов работы и мирового опыта проектирования, постройки и эксплуатации таких сооружений сформулированы прошедшие одобрение и апробацию усовершенствованные Правила РМРС по регламентации локальных ледовых нагрузок и нормированию прочности конструкций ледовой защиты. Результаты способствуют повышению эксплуатационной надежности и экологической безопасности при одновременном снижении материалоёмкости конструкций. Ил. 6. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.02:624.042.49 **Ключевые слова:** дизель-электрический ледокол, модернизация, проектирование

В.А. Мащевич, О.Я. Тимофеев, А.Ф. Судеревский. Возрождение неатомного ледоколостроения России. Часть 2 // Морской вестник. 2016. №2 (58). С. 13

Продолжение рассказа о проектировании современных дизель-электрических ледоколов универсального назначения. Приведены технические характеристики ледокола пр. 21900М. Особо отмечена роль ЦКБ «Балтсудпроект» в решении стоящих задач. Ил. 9. Часть 1 – см. «Морской вестник», №1(57), с.22.

УДК 629.5.011.12 **Ключевые слова:** поврежденный корабль, свободные колебания, крен, боковая качка

П.А. Шауб, С.В. Москвитина. Определение периода свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде для общего случая нелинейной диаграммы остойчивости // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 17

Представлен метод определения свободных колебаний поврежденного корабля на тихой воде для общего случая нелинейной диаграммы остойчивости при наличии начального угла крена. Данный способ дополняет способы Г.Е.Павленко, В.Г.Власова и А.Б.Карпова в современной теории нелинейной качки корабля по определению периода боковой качки на тихой воде. Ил. 2. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.039.5 **Ключевые слова:** корабль, остойчивость, волнение, кинематика, качка, успокоитель, бронинг, заливание, слеминг, параметрический резонанс

И.К. Бородай, С.Г. Живица, В.Г. Платонов. Проблемы мореходности в решении задач проектирования современных кораблей. Часть 1 // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 19

Проанализированы основные проблемы, возникающие при обеспечении мореходности кораблей современной архитектуры, предложены способы их решения как на стадии

проектирования, так и в различных условиях эксплуатации. Т. 2. Ил. 9. Библиогр. 11 назв.

УДК 623.9 **Ключевые слова:** трубопровод, виброизолирующие подвески, схема

Н.В. Волкова, В.И. Голованов, С.Ю. Никишов. Судовые виброизолирующие подвески трубопроводов // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 25

Для крепления трубопроводов на судах широко применяются виброизолирующие подвески различных типов. Рассмотрены эксплуатационные воздействия на подвески, конструкция подвески трубопроводов с унифицированным упругим элементом. Приведены конструктивные схемы используемых на судах подвесок. Ил. 8. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5.081 **Ключевые слова:** гражданское судостроение, проблемы, факторы роста

А.С. Соловьев. Актуальные вопросы гражданского судостроения на российских верфях: «бизнес есть бизнес» // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 29

Дан анализ современного состояния гражданского сегмента российской судостроительной промышленности, рассмотрены основные факторы, влияющие на способность отечественных верфей успешно выполнять заявленные в последнее время объемы строительства коммерческого флота, в том числе технические и технологические аспекты строительства, состояния и возможностей верфей, также некоторые особенности ценообразования в гражданском судостроении, на основе практического опыта ПАО «Выборгский судостроительный завод».

УДК 336.7 **Ключевые слова:** конкурентоспособность, финансовый менеджмент, математическая модель, финансовое моделирование, финансовый анализ, производственный цикл, финансовый цикл

А.В. Иванкович. Использование математического инструментария для решения задач финансового менеджмента на предприятии // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 35

Проанализированы возможности финансового моделирования для решения задач, стоящих перед судостроительным предприятием. Предложена математическая модель формирования терминальных затрат, которая позволяет формулировать цели и задачи участников производственного процесса в терминах и показателях, ориентированных на конечный финансовый результат. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 623.8.01.08 **Ключевые слова:** корабль иностранной постройки, модернизация, отечественный аналог, агрегат пенного пожаротушения

С.Д. Либ. Замена импортных агрегатов системы пенного пожаротушения машинных отделений корабля иностранной постройки на современные аналоги // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 41

Рассмотрена проблема разработки конструкторской документации при модернизации кораблей и судов иностранной постройки в условиях, когда предприятие - проектант корабля отсутствует или ликвидировано. На примере замены аппаратов пенного пожаротушения польского производства на отечественные аналоги показано, как решаются такие задачи в ОАО «51 ЦКТИС». Ил. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 698.8: **Ключевые слова:** окраска, очистка и окраска, электросети, гидрофобность, изолятор, электроэнергия

А.Г. Филимонов, А.О. Федорцев. Технология снижения потерь электроэнергии и повышения энергобезопасности // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 42

Охарактеризована технология окраски изоляторов электросетей с целью снижения потерь электроэнергии и увеличения стабильности работы, которая может быть применена на судостроительных заводах и промышленных предприятиях РФ. Обозначены преимущества покрытия изоляторов Si-COAT RTV Silicone High Voltage Insulator Coating. Ил. 4.

УДК 539.3 **Ключевые слова:** иллюминатор, неорганическое стекло, нагружение, несущая способность

В.П. Лявзберг. Несущая способность оболочек из неорганического стекла при гидростатическом нагружении // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 47

Рассмотрены основные особенности предлагаемой конструкции иллюминатора с использованием в качестве стеклоэлемента неорганического стекла. Показано, что при его проектировании и изготовлении важно достичь конструктивных и технологических параметров, обеспечивающих осесимметричное распределение сжимающих напряжений в контактной зоне стеклоэлемента. Ил. 3. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** машиностроительное предприятие, судостроение, судоремонт, теплообменное оборудование, топливоподготовка, судовая арматура, фильтры, импортозамещение, композитные материалы, очистка нефте-содержащих и бытовых сточных вод, тяжелое топливо

И.С. Суховинский. «Винета» отмечает 20-летний юбилей // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 50

Знакомит с историей создания, развития ООО «Винета», которому исполняется 20 лет. Знакомит с серийно выпускаемыми изделиями и перспективными разработками. Рассказано об активной работе предприятия в рамках выполнения программы импортозамещения. Ил. 9.

УДК 534.532.5 **Ключевые слова:** судовая система управления, арматура, уровень гидродинамического шума

Э.Г. Берестовицкий, П.И. Кизилов, А.Н. Крючков, М.А. Ермаков. Исследования гидродинамического шума проточных элементов клапанной арматуры судовых систем управления // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 52

Приведены результаты экспериментальной отработки исполнительных механизмов судовых систем управления. Исследовано влияние различных факторов на уровни гидродинамического шума (ГДШ), возбуждаемого гидравлическим прибором (ГП), таких как: форма входа и выхода потока в дроссельное сечение перфорированного дросселирующего элемента; протяженность дросселирующего элемента; взаимное расположение и размеры отверстий перфорации дроссельного элемента; плотность перфорации дроссельного элемента. Показана возможность применения для снижения ГДШ различных сепараторов, представляющих собой делители потока жидкости. Предложены вариант проточной части клапанов в виде цилиндрического канала с диаметром отверстий в 1 мм, обеспечивающий при приемлемой технологичности наилучшие акустические характеристики, и конструктивная схема двухступенчатого экрана для разбивки выходной струи клапанов. Т. 1. Ил. 7. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5.064.5 **Ключевые слова:** электродвижение, реверс гребного электродвигателя, энергетические показатели, торможение судна

Д.В. Умаров, П.Ю. Катаев. Реверс и разворот. К вопросу оптимального способа торможения судна, оборудованного винторулевыми колесами // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 55

Рассмотрены процессы торможения судна с разных скоростей хода, влияние принципа действия электропривода винторулевых колонок на системы охлаждения, вентиляции и кондиционирования воздуха машинных помещений. Даны рекомендации по выбору мощности тормозных резисторов ГЭД. Т. 1. Ил. 5. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.65:621.311.22 **Ключевые слова:** давление, коэффициент пересчёта, насос, перекачка, расчёт, ресурс, руль, рулевая машина, способ, судовые испытания

А.В. Самсонов, Ю.В. Копытов, В.Ю. Каминский. Принципы определения долговечности насосов переменной производительности в составе рулевых машин // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 59

Представлена методика расчета ресурса насосов на основе результатов, полученных при форсированных стендовых испытаниях с учетом предложенных коэффициентов пересчета, базирующихся на фактическом режиме эксплуатации насосов, определяемых с помощью предложенной номограммы. Кроме того, предложены два способа расчета ресурса насосов при судовых испытаниях по прямому назначению: по условному среднему давлению и по коэффициенту пересчета для каждого угла перекачки руля. Показано, что второй способ предпочтительнее для определения ресурса насосов при судовых испытаниях. Т. 2. Ил. 2. Библиогр. 7 назв.

УДК 621.311.1:629.5 **Ключевые слова:** электрическая защита, координация, изоляция морских объектов, диагностика, электрический кабель

А.А. Неёлов, М.П. Тихомиров, Ю.В. Симакова, А.О. Квашнин. Решение задач координации электрических защит и диагностики состояния изоляции морских объектов при помощи электрооптических кабелей // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 63

Показано, как, опираясь на опыт использования в береговых электрических сетях цифровых оптических «распределенных» дифференциальных защит, можно создать скоординированную систему работы электрических защит и диагностики оборудования и кабелей распределительных сетей электроэнергетических систем морских объектов. Проблемой остаются низковольтные аппараты электрических защит, не приспособленные к подобным методам диагностики состояния изоляции. Ил. 1.

УДК 67.06 **Ключевые слова:** судовые системы, судовая арматура, разработка продуктовой линейки, краны шаровые, затворы дисковые

С.В. Забейкало. Новые разработки в судовом арматуростроении // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 67

Рассмотрен такой инструмент взаимодействия АО «Армалит» с проектантами кораблей, как новые разработки. Приведены результаты работы наших конструкторов по разработке новой, судовой трубопроводной арматуры. Описаны преимущества кранов шаровых и дисковых затворов. Ил. 2. Библиогр. 2 назв.

УДК 62.347.62-231.311. **Ключевые слова:** судовая арматура, привод поступательного движения, безредукторный привод, маломощный электропривод

А.С. Петрушенко, О.В. Епифанов. Прямоходный привод судовой арматуры // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 71

Проанализирована возможность создания маломощного прямоходного электропривода. Ил. 6.

УДК 534.8 **Ключевые слова:** позиционирование, подводный объект, маяк-ответчик, гидроакустическая навигационная система, ультракороткая база

Д.Е. Лейкин, С.Е. Новиков. Гидроакустическая навигационная система подводного позиционирования // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 73

Посвящена гидроакустической пеленгационно-дальномерной системе позиционирования, предназначенной для решения навигационных задач, связанных со слежением за пространственными перемещениями подводных объектов. Рассмотрена система на ультракороткой базе, предназначенная для определения координат подводных источников акустических сигналов. Описаны состав и технические характеристики системы, которая может использоваться при проведении научно-исследовательских, поисковых, геологоразведочных, аварийно-спасательных, и иных видов работ, требующих постоянного слежения за пространственным положением и перемещением объектов под водой. Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.396.96.00 **Ключевые слова:** цифровая обработка сигналов, сверхширокополосный сигнал, приемник, импульсная радиоаппаратура

Ю.Ф. Подоплёкин, Д.А. Шепета, А.М. Махлин, А.Ю. Каплин. Цифровые обнаружители сверхширокополосных импульсных сигналов // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 77

Рассмотрены цифровые обнаружители сверхширокополосных импульсных сигналов, длительность которых не превышает 1-2 нс. Алгоритмы обнаружения учитывают специфику приема сверхкоротких импульсов при реализации алгоритмов на современной элементной базе. Приведены результаты моделирования, иллюстрирующие работу обнаружителей и методики расчета вероятности ложных тревог и правильного обнаружения для двух рассматриваемых алгоритмов обнаружения. Ил. 4. Библиогр. 7 назв.

УДК 623.618 **Ключевые слова:** ССПО, совместное применение оружия, безопасность корабля, морское вооружение, комплекс вооружения

А.М. Тихоненко, О.М. Рогов. Стрелять разрешается. Система совместного безопасного применения оружия // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 81

Обозначен перечень задач, решаемых системами совместного безопасного применения оружия, приведены их основные характеристики, история появления и развития. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5.06-52 **Ключевые слова:** корабль, технические средства, системы управления, бортовой тренажер, учебно-тренировочные режимы, рабочее место оператора, рабочее место руководителя обучения, принципы, структура, модели, база данных, программное обеспечение, интерфейс, видеоклады, обучение, оценка

В.Ю. Волков, Б.В. Грек, К.Ю. Шилов. Бортовой тренажер КСУ ТС типа «Фаун» кораблей Зеленодольского ПКБ. Часть 1 // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 85

Проанализированы принципы организации подготовки операторов в корабельных условиях, структура и состав бортового тренажера, дано описание рабочих мест операторов и руководителя обучения, приведены структура программного обеспечения, объем информации и содержание моделей, обеспечивающих формирование у личного состава практических навыков и умений по использованию корабельных технических средств. Ил. 6.

УДК 629.566 **Ключевые слова:** морские акватории, взрывоопасные предметы, химическое оружие, радиационные продукты, специализированное судно, подводные аппараты

П.И. Малеев, А.Б. Фёдоров. Техничко-технологические решения по обеспечению безопасности морских акваторий от опасностей техногенного происхождения // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 89

Показана актуальность обеспечения безопасности от опасностей техногенного происхождения в процессе реализации проектов на морском шельфе и приведены технико-технологические решения использования средств и методов для решения проблемы обнаружения опасных предметов на морских акваториях. Рассмотрены специализированные комплексы технических средств и технологии, применяемые для подготовки акваторий под строительство объектов морской деятельности с целью снижения рисков, связанных с опасностями техногенного происхождения (ОТП). Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** федеральная система поиска и спасения, поисково-спасательная техника, технологии, аварийно-спасательная служба спасательное судно, тенденции, аварийно-спасательные работы, мобильные модули, стандартизация, унификация, сертификация

В.Н. Илюхин. Особенности, тенденции и основные направления современного развития средств и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. Часть 1 // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 93

Рассмотрены особенности, тенденции и основные направления современного развития поисково-спасательной техники (ПСТ) и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности с учетом требований нормативно-правовых документов как составной части обеспечения безопасности морских объектов, включая Арктическую зону Российской Федерации. Главная особенность современного развития PST и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности заключается в отсутствии требования к проведению единой технической политики к развитию и функционированию ФСЧС на море по причине ведомственной разобщенности аварийно-спасательных служб, что ведёт к недостаточной эффективности и к низкому уровню унификации, стандартизации создаваемых спасательных судов и разрабатываемой поисково-спасательной техники. Ил. 5. Библиогр. 10 назв.

УДК 535.36:621.375.876 **Ключевые слова:** излучение, безопасность, ориентирование, объект, воздействие на глаз

С.М. Слободян, А.А. Цупин. Повышение безопасности оптических указателей высочайшего ориентирования // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 98

Описан метод повышения безопасности построения и применения оптических «курсоров» – оптических, светодиодных и лазерных указателей направления движения, лазерных створов для визуального и инструментального ориентирования подвижных объектов, реализуемый управлением параметрами выходного излучения световых пространственно ограниченных пучков. Определены оптимальные параметры и закон изменения мощности излучения светового пучка с учётом существующих норм и ограничений к воздействию на глаз оператора при визуальном ориентировании по оптическому указателю – курсору ориентирования. Библиогр. 14 назв.

УДК 629.12

Ключевые слова: суда внутреннего плавания, суда смешанного река-море плавания, баржа, буксир, состав, анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность

А.Г. Егоров. Анализ аварийности барже-буксирных составов внутреннего и смешанного река-море плавания // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 103

Выполнен анализ происшедших с 1991 г. аварий с барже-буксирными составами внутреннего и смешанного плавания (ББС). Всего было обработано 533 аварийных случаев. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 14 лет с пиком аварий для судов возрастом 22-25 лет. Решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности ББС при сохранении приемлемого уровня экономической эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла этих судов, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствования, ремонта и модернизации. Т. 6. Ил. 7. Библиогр. 15 назв.

УДК 519.71

Ключевые слова: остойчивость, качка, оперативная оценка, амплитуда качки, ускорение, авария

А.Н. Суслов, В.Ю. Семенова, М.А. Кутейников. Система оперативной оценки остойчивости судна // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 111

Предложена новая система оперативной оценки остойчивости судна, позволяющая анализировать данные о посадке и качке судна и сигнализировать экипажу судна о приближении к опасному моменту возможного «опрокидывания» судна. В качестве исходных данных для работы системы используются: данные о теоретическом чертёже судна, о пантокаренях для различных посадок судна о базовом состоянии загрузки, экспериментальные данные о демпфировании бортовой качки судна для базового состояния загрузки, теоретические расчеты амплитуд и ускорений бортовой, вертикальной и килевой качки на нерегулярном волнении для ряда посадок судна и различных значений метacentрической высоты.

УДК 656.611

Ключевые слова: линейное судоходство, линейные конференции, фрахтовые соглашения, судоходство, морские перевозки, морской транспорт, конференциальные соглашения

И.А. Русинов, И.А. Гаврилова, А.Г. Нелогов. Коротко о линейных конференциях // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 113

Проанализированы причины и предпосылки возникновения линейных конференций (фрахтовых соглашений), традиционные формы объединений линейных перевозчиков – «джентльменские» (устные) соглашения и соглашения о совместном обслуживании, линейные конференции. Показаны основные особенности конференциальных соглашений. Со ссылкой на документы ООН дано определение линейного судоходства и линейных конференций.

УДК 629.5

Ключевые слова: «Беркут», большой противолодочный корабль, проектирование, ТТХ

В.Е. Юхнин. «Беркуты» – большие противолодочные корабли проектов 1134, 1134А и 1134Б // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 116

Подробно изложена история проектирования и постройки больших противолодочных кораблей пр. 1134 и его модификаций пр. 1134А и 1134Б. Особое внимание уделено их тактико-техническим характеристикам и вооружению, которое создавалось порой параллельно со строительством этих кораблей. Т. 3. Ил. 5. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5

Ключевые слова: ЦКБ «Алмаз», катер, пограничный сторожевой корабль «Тарантул», проектирование

Д.Ю. Литинский. Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 1 // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 123

Знакомит с историей проектирования пограничного сторожевого корабля пр. 205П «Тарантул». Приведены технические характеристики корабля пр. 199 – предшественника «Тарантула». Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5

Ключевые слова: П.А. Черновехский, биография

И.В. Иванов. П.А. Черновехский. К 100-летию со дня рождения // Морской вестник. 2016. №2(58). С. 127

Знакомит с кораблестроителем П.А. Черновехским, который начал свой трудовой путь на заводе «Красное Сормово», а закончил начальником Технического управления, затем возглавил Главное управление Минсудпрома, которому подчинялись все заводы, строящие и ремонтирующие атомные подводные лодки, все КБ по проектированию подводных лодок. Ил. 1. ■

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 629.123.56 **Key words:** JSC «Marine bridge and navigation systems», integrated bridge systems, marine equipment

K.A. Smirnov. JSC «Marine bridge and navigation systems»: 25 years in the service of the fatherland // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 1

JSC «Marine bridge and navigation systems» has been one of the most respected manufactures of nautical equipment for 25 years already, both home and abroad. Its list includes a vast majority of nautical equipment, such as integrated bridge systems, electronic cartographic nautical systems motor and steer telegraphs, etc. The enterprise performs a completed technological cycle, from designing to manufacturing and tests of the equipment manufactured. The enterprise's activities are summarized. Fig. 6.

UDC 624.042.43, 627.88 **Key words:** ice load, regulation, naval ice-resistant construction, protection

E.M. Appolonov, G.F. Demeshko, G.B. Kryzhevich, V.M. Shaposhnikov, V.V. Yakimov. Regulation of local ice loads and designing of marine ice-resistant facilities // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 9

The survey conducted is to help in development of tenability and designing of innovational ice-protected facilities and enhance their security when applying them in the Arctic shelf. Basing upon experience of experiments, calculations, designing, constructing and applying the facilities mentioned above, new rules have been adopted due to those experimental measures. Not only new rules for ice loads regulation and control for the ice protection durability had been formulated and highly acclaimed, but the old ones had also been deepened and developed even further. The results of the survey helped to improve reliability of the constructions and ecological security as well, due to an essential decrease of material consumption of structures. Fig. 6. Bibliogr. 9 titles.

UDC 629.02:624.042.49 **Key words:** diesel-electric ice-breakers construction, modernization, designing

V.A. Matskevich, O.Ya. Timofeev, A.F. Suderevsky. Revival of non-atomic ice-breaker construction in Russia. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2016. №2 (58). P. 13

Another part of the article that describes the ways all-used diesel-electric ice-breakers are designed. Performance characteristics are given att. 21900M. Central Design Bureau's «Bald-sudoprojekt's» role is emphasized successful in completing the tasks established. Fig. 9. Part 1. «Morskoy vestnik», №1(57), refer to p.22.

UDC 629.5.011.12 **Key words:** damaged ship, natural oscillation, heel, rolling motion

P.A. Shaub, S.V. Moskovkina. Free oscillation periods determination upon the damaged vessel while in smooth waters for general cases of stability non-linear diagram // Morskoy vestnik. 2016. №2(58). P. 17

The article introduces methodology of free oscillation periods determination when the damaged ship is in smooth waters, for a general case of non-linear oscillation diagram, taking heel into account. This method, as well as non-linear oscillation theory by G.E. Pavlenko, V.G. Vlasova and A.B. Karpova, is used for analyzing the rolling motion period's peculiarities while working in the smooth waters. Fig. 2. Bibliogr. 2 titles.

UDC 621.039.5 **Key words:** ship, stability, oscillation, kinematics, oscillatory motions, subduer, broaching, flooding, slamming, parametric (half-integral) resonance

I.K. Boroday, S.G. Zhivitsa, V.G. Platonov. Seakeeping performance and issues, concerning designing of modern vessels. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 19

This article embraces key problems, starting from designing of modern-built vessels to seakeeping activities; several solutions of the problems that may emerge in designing and operating are suggested. T. 2. Fig. 9. Bibliogr. 11 titles.

UDC 623.9 **Key words:** pipeline, vibration-isolating suspension brackets, construction diagram

N.V. Volkova, V.I. Golovanov, S.Yu. Nikishov. Vibration-isolating suspension brackets for pipelines // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 25

Various vibration-isolating suspension brackets are commonly used for pipelines anchorage in the vessels. Several possible impacts on suspension brackets are reviewed; diagrams of pipeline suspension brackets with a unified springing element are given. Construction diagrams of the suspension brackets, utilized in the vessel works, are given. Fig. 8. Bibliogr. 5 titles.

UDC 629.5.081 **Key words:** Commercial shipbuilding, problems, growth factors

A.S. Solov'yev. Current issues of commercial shipbuilding and Russian shipyards exploiting: «business is business» // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 29

Current state of modern commercial shipbuilding in Russia and primary factors, essential for shipyards productivity are analyzed, as well as technological and technical issues, state and production, basing upon PJSC «Vyborg Shipyard» experience.

UDC 336.7 **Key words:** Competitiveness, financial management, symbolic model, modelling, financial analysis, manufacturing cycle, financial cycle

A.V. Ivankovich. Applying math tools for financial management at the enterprise // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). C. 35

Opportunities for financial modelling, that can help to complete all tasks, set by the shipbuilding enterprise's directors, are analyzed. Symbolic model of terminal expenses is formed, thus formulating tasks and objectives for participants of manufacturing process, improving their planning with terms and data and striving for the final financial outcome Fig. 4. Bibliogr. 4 titles.

UDC 623.8.01.08 **Key words:** foreign-constructed ship, modernization, domestic equivalent, foam extinguisher

S.D. Lib. Replacement of foreign-made details for foam-based extinguishing systems, designed for usage in the engine rooms of a vessel and construction of modern equivalents // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 41

The article is dedicated to a problem of construction documentation designing and modernization of foreign-constructed vessels and ships if the enterprise, responsible for the ship's designing is either winded-up or bankrupted. The given example tells about substitution of foam-based extinguishers, made in Poland, for domestic equivalents and the way it is done by JSC «S1 CCTIS» (Central Design – technological Institute Ship repair). Fig. 1. Bibliogr. 5 titles.

UDC 698.8: **Key words:** topping process, topping and cleaning, electric supply networks, water repellency, insulator, electric power

A.G. Filimonov, A.O. Fedorzev. The technology of decreasing electric power losses and enhancing the security of energy supply // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 42

Topping of electric power insulators is described and the

way it decreases risks of energy losses and stabilizes their operation. The technology may be applied by the ship-building and industrial facilities of the Russian Federation. Advantages of «Si-COAT RTV Silicone High Voltage Insulator Coating» are enumerated. Fig. 4.

UDC 539.3 **Key words:** glass port, inorganic glass, loading, load-carrying capability

V.P. Lyanzberg. Load-carrying capability of inorganic glass-made coating in hydrostatic loading conditions // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 47

Key features of a suggested glass port's construction with inorganic glass elements are enumerated. It is essential that, its designing and manufacturing process must keep with all the constructive and technological parameters, guaranteeing glass port's axisymmetric distribution of pressing loading in the contact area of the glass element. Fig. 3. Bibliogr. 8 titles.

UDC 629.5 **Key words:** machine-building enterprise, ship-building, ship repairing, heat-exchange equipment, fuel preparation, vessel accessories, filters, import substitution, composite materials, oily and household sewage waters refinery, heavy oil fuel

I.S. Sukhovinskiy. «Vineta» is celebrating its twentieth anniversary // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 50

The article introduces the history of creation and development of «Vineta», the company with a 20 years-old history. It demonstrates several off-the-shelf items and advanced development. Some pieces of information tell about active measures taken by the enterprise in conducting of import substitution policy. Fig. 9.

UDC 534.532.5 **Key words:** marine operating system, accessories, hydrodynamic noise rates

E.G. Berestovitsky, P.I. Kizilov, A.N. Kryuchkov, M.A. Ermilov. Survey of hydrodynamic noise in the flowing elements of valve accessory within the vessel's operating system // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 52

The results of the experimental work on operating mechanisms of feed water supply to stream generator are provided in the report. We investigated the influence of different factors on the levels of hydrodynamic noise (HDN) caused by hydraulic instrument (HI) such as: shape of input and output flow into the throttle section of perforated throttling element; throttling element length; relative position and dimensions of perforation holes of throttling element; density of throttling element perforation. The possibility of application for HDN reduction of different separators representing liquid flow dividers is examined. The influence of flow divider position relatively to the source of HDN is determined: by the angle, by the distance, by the thickness, by the diameter of the holes. The test results of the feed water supply valve to stream generator, designed to meet the performed researches, are provided. We suggested a variant of the valves' flowing part in the form of cylindrical channel with 1 mm holes diameter, providing the best acoustic characteristics at the acceptable technology. The constructive scheme of the two-stage screen for the breakdown of output valve stream was suggested. T. 1. Fig. 7 Bibliogr. 2 titles.

UDC 629.5.064.5 **Key words:** electric propulsion, reversing motion of a row electric motor drive, energy indicators, vessel stopping

D.V. Umyarov, P.Yu. Kataev. Reversing motion and swinging. Variants that may ease stopping of a vessel, equipped with steerable propellers // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 55

Different options of a vessel's stopping, including speed

factors, row electric drive's operating algorithms and the impact upon the cooling, conditioning and ventilation systems within the machinery spaces. Recommendations on electric propulsion motor's brake resistors and the power rates are given. T. 1. Fig. 5. Bibliogr. 6 titles.

UDC 621.65:621.311.22 **Key words:** pressure, scale factor, pump, shifting, calculation, working resource, steer, steering machinery, method, trial trips

A.V. Samsonov, Yu.V. Kopytov, V.Yu. Kaminsky. Principles for variable-output pumps durability calculation within steering machinery // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 59

Methods for pumps' durability calculation are presented, basing upon the extreme testing and taking calculation coefficients, concerning a pump's operation regimes that are determined with help of a specialized graphical diagram. Moreover, two methods of pumps' durability calculation are suggested when conducting trial ships: conditional average pressure calculations and steering reversal calculations for every angle. It is demonstrated, that the second method is much more preferable for proper evaluation of any pump's durability while conducting trial trips. T. 2. Fig. 2. Bibliogr. 7 titles.

UDC 621.311.1:629.5 **Key words:** electrostatic protection, coordination, isolation of offshore facilities, preliminary diagnostics, electric cable

A.A. Neelov, M.P. Tihomirov, Yu.V. Simakova, A.O. Kvashnin. Coordination of electrostatic protection systems operation and marine objects isolation using electro-optic cables // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 63

The article shows how to create a coordinated shore electrostatic protection system with digital «distributed» self-balancing protection and diagnostic mechanisms that ease control for electrostatic protection mechanisms and distributive cables network of the marine facilities. The only problem is a low-voltage apparatus of electrostatic protection, not suit for the state of isolation diagnostics. Fig. 1.

UDC 67.06 **Key words:** marine systems, ship accessories, development of product line, ball valves, balanced disk

S.V. Zabezhalo. Innovations in marine valve industry // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 67

Options of JSC «Armalit» collaboration with vessel designers in conducting advanced development programs. Samples of our constructors, who strived for creating new ship pipeline accessory. The advantages of ball valves and balanced disks are described. Fig. 2. Bibliogr. 2 titles.

UDC 62.347:62-231.311. **Key words:** ship accessory, forward motion drive, direct drive, low-noise electric drive

A.S. Petrushenko, O.V. Epifanov. Linear drive for ship accessory // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 71

The possibility of low-noise electric linear drive is analyzed. Fig. 6.

UDC 534.8 **Key words:** positioning, underwater object, transponder beacon, underwater acoustic navigation system, super shot baseline

D.E. Leikin, S.E. Novikov. Underwater acoustic system // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 73

The article is dedicated to underwater acoustic base, designed for conducting navigational issues and controlling special motions of underwater objects. Super shot baseline system is reviewed and its functions are enumerated: Positioning of any underwater objects and their audible signals. Construction and specification of the system are described, as well as its application as a universal tool for conducting scientific, basic, rescue, geological and other kinds of activity, connected with permanent control for special motions of underwater objects. Fig. 3. Bibliogr. 2 titles.

UDC 621.396.96.00 **Key words:** digital signal processing ultra-wideband signal, receiver, pulse-modulated ratio detection and location

Yu.F. Podoplekin, D.A. Shepeta, A.M. Makhlin, A.Yu. Kaplin. Digital ultra-wideband impulse signals detectors // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 77

Digital ultra-wideband impulse signals detectors that detect signals no longer than 1-2 nanoseconds are reviewed. Algorithms of detection specify acceptance of ultra-short

impulses while realizing algorithms, basing upon a modern elemental base. Several results of modelling are given: they depict the results of detectors' operation, methodology of false alarm statistics and rules of proper detection using a couple of algorithms as a vivid example. Fig. 4. Bibliogr. 7 titles.

UDC 623.618 **Key words:** System of Safe and Combined Weapon Employment (SSCWE), combined weapon employment, security of the ship, naval weapon system, weapon system

A.M. Tikhonenko, O.M. Rogov. Engagement is authorized. System of Safe and Combined Weapon Employment // Morskoy vestnik. 2016. №2(58). P. 81

The article describes a list of objectives that are performed by systems of safe and combined weapon employment. Fig. 4. Bibliogr. 4 titles.

UDC 629.5.06-52 **Key words:** vessel, facilities and equipment, control and operating systems, ship-board simulator, training mods, operating position, training supervisor's position, guidelines, structure, models, data base, software, interface, video snapshots, training, evaluation

V.Yu. Volkov, B.V. Grek, K.Yu. Shilov. «Fauna» type shipboard simulator IMAS (Integrated Marine Automation Systems) by Zelenodolsk Design Bureau. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 85

The guidelines for organization and training of operators in the nautical conditions are analyzed, as well as the structure, principles of the simulator's application, positions of operators and training supervisors, software's core, extent of the data base and maintenance of models, responsible for improvement of the personnel's skills in operating all kinds of facilities and equipment. Fig. 6.

UDC 629.566 **Key words:** Marine environment, explosive ordnance, chemical weapons, radioactive debris, specialized and submersible crafts

P.I. Maleev, A.B. Fyodorov. Technical and technological measures for enforcing environmental marine precautions // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 89

This article embraces issues, concerning implementations of marine precautions, while working with the continental shelf, several technical and technological solutions of problems with hazardous objects are suggested. Specialized technologies, utilized for construction of maritime facilities and preparation of marine environment for countering any possible techno hazards. T. 2. Fig. 3. Bibliogr. 3 titles.

UDC 627.77 **Key words:** federal search and rescue system, search and rescue equipment, search and rescue vessel, trends, operations, shelters, standardization, unification, certification

V.N. Ilukhin. Features and basic trends for development of modern rescue equipment and activity, conducted in maritime conditions. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 93

Key features, trends and tendencies of modern maritime search and rescue equipment (SRE) are reviewed, regulating documentation's issues an essential part of marine object security are analyzed and features of Russian Arctic shelf security activity are described, as well as the technologies of maritime search and rescue activity and necessity of creating a unified marine Emergency Rescue Service to counter lack of coordination between the services that led to ineffectiveness and a low level of rescue vessels standardization, as well as slow tempos of new rescue vessels designing. Fig. 5. Bibliogr. 10 titles.

UDC 535.36:621.375.876 **Key words:** radiation, security, objects, eyes impact

S.M. Slobodyan, A.A. Tsupin. Security enhancement for high-precision optical indicators and orienting, while utilizing them // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 98

Methods for applying and security enhancement, using optical «cursors» – optical, photodiode and laser direction indicators, laser ranges for visual and instrumental orienting of portable objects, realized by parameter manipulations with the output radiation of spatially confined light beams, are analyzed. Optional parameters and the law of a light beam's radiation rate are calculated, in strict accordance with the current requirements and restrictions for an operator's health safety (it concerns possible eyes impact that may be utterly harmful) when utilizing the optical cursor for orienting operations. Bibliogr. 14 titles.

UDC 629.12 **Key words:** inland vessels, combined navigation vessels (river-sea), tug and tows, risk analysis, hazards, damage, designing, engineering.

A.G. Egorov. Analyzing breakdown susceptibility of combined navigation vessels, tug and tow vessels // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 103

Several breakdowns of inland and combined tug and tow vessels, that took place in the 1990, are described. Totally, 553 cases are analyzed. Steady growth of breakdown susceptibility is analyzed and described: vessels that had been in service over 14 years are not suit for further activities and vessels with 22-25 years of active operation, are merely dangerous for the operators. In order to guarantee reliability, safety and economic effectiveness of tug and tow vessels, one must establish and support a new approach in servicing the vessels and maintaining their modernization and scrupulously keeping with the Rules of designing, constructing and repairing. T. 6. Fig. 7. Bibliogr. 15 titles.

UDC 519.71 **Key words:** stability, oscillatory motion, immediate evaluation, arc of swing, boost, breakdown

A.N. Suslov, V.Yu. Semenova, M.A. Kuteinikov. Stability evaluation system // Morskoy vestnik. 2016. №2(58). P. 111

Innovational stabilizing evaluation system is introduced and described. It permits to analyze arch of swing or information that helps with estimation of oscillatory motions rates, also, it informs a crew that the vessel is dangerously close to a possible «turning over». Basic information for the system's operation includes: information about vessel's construction diagram, about stability cross-curves that control the basic loading state, experimental data on roll damping in basic loading state, calculations of oscillatory amplitudes and boosting of rolling, heaving and pitching motions when the is confused, to calculate variants of a ship's sipping and various numbers of metacentric height.

UDC 656.611 **Key words:** liner shipping, liner shipping conferences, shipping, maritime traffic, naval transport, private agreements

I.A. Rusinov, I.A. Gavrilova, A.G. Nelogova. Freight conferences in a nutshell // Morskoy vestnik. 2016. №2(58). P. 113

The article analyzes the key reasons that led to emerging and development of so called «linear» conferences (freight agreements), traditional forms of communication between freight carriers – «gentleman's» (verbal) agreements that concern joint service and key features of confidential agreements. References to UN documents form the definition of freight shipping and linear agreements are given.

UDC 629.5 **Key words:** «Berkut», a large anti-submarine ship, designing, performance

V.E. Yukhnin. The «Berkuts» – large anti-submarine ships of projects 1134, 1134A and 1134B // Morskoy vestnik. 2016. №2(58). P. 116

The article gives a profound history of designing and construction of large submarine ships (pr. 1134) and its modifications (pr. 1134A and pr. 1134B). Of particular interest are their performance and weapon systems, created and constructed almost simultaneously with the ships reviewed. T. 3. Fig. 5. Bibliogr. 2 titles.

UDC 629.5 **Key words:** Central Designing Bureau «Almaz», motorboat, border guard ship «Tarantul», engineering

D.Yu. Litinsky. Border guard ship «Tarantul». Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 123

The history of «Tarantul» border guard ship pr. 205P. (Stenka-class patrol boat). Technical performance of pr. 199 – «Tarantul» predecessor is mentioned. Fig. 3. Bibliogr. 4 titles.

UDC 629.5 **Key words:** P.A. Chernoverkhsky, biography I.V. Ivanov. P.A. Chernoverkhsky. On 100th anniversary of birthday // Morskoy Vestnik. 2016. №2(58). P. 127

The article introduces P.A. Chernoverkhsky a hailed ship constructor who embarked upon his glorious labour path as a worker in the «Krasnoe Sormovo» factory, and many years later, chaired the Technical directorate, then, he headed General directorate of Minsudprom (Ministry of Shipbuilding Industry), that supervised all facilities, responsible for constructing and maintaining atomic-powered submarines and all Construction Bureaus, responsible for designing of all submarines Fig. 1.