

*Морской*



**№1(57)**

**М а р т**

**2 0 1 6**

**ISSN 1812-3694**

*Вестник*

*Morskoy Vestnik*



**1866**

**В этом здании Петропавловской крепости  
зарождалось  
Русское техническое общество**

**2016**



## СЕВЕРНОМУ ПКБ - 70 ЛЕТ

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



**5** сентября 1945 г. на заседании Политбюро ЦК ВКП (б) при личном участии И. В. Сталина и представителей наркоматов ВМФ и судостроительной промышленности состоялось обсуждение проекта плана военного судостроения, которое завершилось подписанием Постановления Совнаркома от 27 ноября 1945 г. «О десятилетнем плане военного судостроения на 1946–1955 гг.»

22 апреля 1946 г. вышел приказ № 088 о преобразовании филиала ЦКБ-17, располагавшегося на территории завода № 190 (ныне – АО «Северная верфь»), в отдельное центральное проектное бюро, ядром которого стали 276 сотрудников ЦКБ-17, и ему был присвоен номер 53. Именно с этой даты и началась история Северного проектно-конструкторского бюро.

Первым начальником вновь организованного ЦКБ-53 стал кандидат технических наук Ю. Г. Деревянко, который руководил им до 1951 г. Главным инженером был назначен выдающийся инженер-кораблестроитель В. А. Никитин. Проектным отделом руководил видный кораблестроитель О. Ф. Якоб. В отделе работали ставшие затем известными специалистами, главными конструкторами и их заместителями Н. П. Соболев, А. И. Таптыгин, В. Ф. Аникиев, Ю. В. Уляшко, А. Н. Кожевников, Д. Г. Соколов и многие др.

Деятельность бюро была направлена на окончание проектирования эскадренных миноносцев и выпуск рабочих чертежей по пр. 30К. Эти работы велись под руководством главного конструктора А. М. Юновидова. Были достроены 10 заложенных до войны эсминцев по откорректированному пр. 30К, а также вторая серия эсминцев пр. 30бис, техническое проектирование которых велось в 1946–1947 гг. под руководством главного конструктора А. Л. Фишера.

Наряду с проектированием новых кораблей бюро занималось и модернизацией кораблей как довоенной постройки, так и трофейных. В марте 1947 г.

развернулись работы по модернизации эсминцев пр. 7 и пр. 7У, направленные на улучшение обитаемости, повышение общей прочности и замену зенитного вооружения. В сентябре 1949 г. завершились работы по выпуску технической документации на ремонт и модернизацию лидеров пр. 1 и пр. 38. Параллельно велись работы по перевооружению трофейных германских эсминцев «Прочный» (Z-20), «Проворный» (Z-23), «Подвижный» (T-12), «Порывистый» (T-17) и «Примерный» (T-38).

Одновременно с выпуском рабочих чертежей по пр. 30бис в 1946–1947 гг. в бюро было организовано предэскизное проектирование корабля пр. 41 под руководством главного конструктора В. А. Никитина. К сожалению, по этому проекту был построен только один корабль «Неустршимый». В январе 1974 г. корабль был выведен из боевого состава флота. Проект, в частности, из-за «избыточного водоизмещения для данного состава вооружения» был признан неудачным, и в июне 1951 г. было принято решение о проектировании и строительстве модернизированных эсминцев пр. 41. Новый проект получил номер 56. Всего по пр. 56 было построено и сдано флоту 27 кораблей, ставших последними торпедно-артиллерийскими кораблями – «классическими» эсминцами отечественной постройки.

Наступило время ракетного оружия. ЦКБ-53 было поручено проектирование первого корабля с противокорабельным ракетным оружием. Рабочему коллективу предстояло спроектировать в корпусе эсминца пр. 56 ракетный корабль, ос-

нащенный комплексом крылатых ракет КСЩ с двумя пусковыми установками и экспериментальный корабль (пр. 56Э) с одной такой установкой для отработки этого комплекса в корабельных условиях. В целях скорейшего пополнения флота ракетными эсминцами предлагалось строить в корпусе эсминца пр. 56 корабль пр. 56М с одной пусковой установкой. В марте 1956 г. было принято решение о разработке нового технического пр. 57бис корабля с увеличенными размерами корпуса. Технический пр. 57бис был завершён в конце 1956 г. Это был первый в мире специально спроектированный корабль с противокорабельным ракетным оружием с двумя пусковыми установками, 16 ракетами и взлетно-посадочной площадкой для вертолета. Всего в 1958–1961 гг. флот получил восемь таких больших ракетных кораблей, способных поражать крупные артиллерийские корабли противника, не входя в зону их эффективного боевого воздействия.

Эти корабли, открывшие новые возможности использования флота, тем не менее, имели и ряд серьезных недостатков. Помимо несовершенства самих ракет, ракетный комплекс обладал низкой скорострельностью и малым (всего две) количеством ракет в залпе. Поэтому уже в ходе постройки кораблей специалисты бюро разработали различные варианты их перевооружения более совершенным ракетным комплексом П-35, которые в дальнейшем получили развитие в новом проекте первого в мире специально спроектированного корабля с противокорабельным и зенитным ракетным оружием.



*Многофункциональный пограничный сторожевой корабль пр. 22460*

# Морской Вестник



№ 1 (57)

м а р т

2 0 1 6

Morskoy Vestnik

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»

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

Е.В. Комраков, советник генерального директора

АО «ОСК-Технологии»

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 Эксбишнс»

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

ОАО «Концерн «НПО «Аврора»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор АО «ЦМКБ «Алмаз»

И.В. Щербачков, генеральный директор

ООО «ПКБ «Петробалт»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- В.И. Спиридопуло.** Северному ПКБ – 70 лет ..... 1
- В.В. Шаталов, Ю.И. Рабазов.** Вклад конструкторского бюро «Вымпел» в создание конкурентоспособных судов смешанного река-море плавания в условиях переходной экономики ..... 11
- Д.Ю. Литинский.** Корвет проекта GOWIND 2500 BMC Egipta ..... 15
- В.А. Мацкевич, О.Я. Тимофеев, А.Ф. Судеревский.** Возрождение неатомного ледоколостроения России. Часть 1 ..... 22
- Г.В. Егоров, О.Г. Егорова.** Сухогрузные баржи типа «Европа-2Б» проектов 1635ОУ, 1635ОМДЛ, 1635ОМДЛ-С, RDB06 и RDB11 для работы в системе Дунай–Майн–Рейн ..... 27
- А.Ю. Мазуренко.** Подходы к проектированию современных контейнеров, предназначенных для эксплуатации специзделий ..... 33
- Ю.И. Нечаев, О.Н. Петров.** Динамическая непотопляемость морских судов на основе модифицированной системы итерированных функций ..... 39

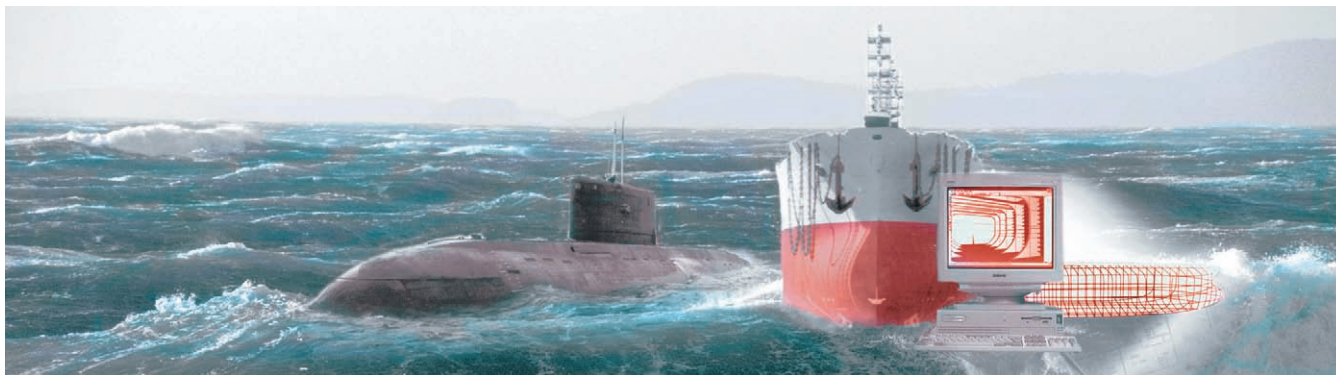
### ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- А.С. Соловьев.** Крупноблочное строительство судов как решение для больших и сложных проектов в судостроении ..... 45
- Н.М. Вихров, А.А. Шнуренко, В.П. Лянзберг.** Основные особенности конструкции, технологии изготовления и экспериментальных исследований иллюминаторов высокого давления с применением обжимных шайб ..... 51
- А.Я. Розинев, В.А. Шатилов, В.В. Логунов.** Комплексная оценка измененной технологии выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций ..... 52
- С.Г. Филимонов, К.Д. Шмолдаев.** Давайте правильно хранить лакокрасочные материалы ..... 57
- Б.А. Горелик.** Экономические и организационно-технические предпосылки внедрения в производство инновационных продуктов ..... 58
- А.В. Иванкович.** Стратегические аспекты управления финансовым циклом в системе сбалансированных показателей ..... 61
- А.В. Титов.** Теория и практика реализации стратегии импортозамещения в развивающихся странах в середине XX в. и начале XXI в. .... 63

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- К.Ю. Шилов, С.Н. Суриц, А.Е. Федоров, Ю.А. Губанов.** Судовые системы электроснабжения и электропитания ..... 65
- Д.С. Пахомов, Д.В. Ракитский, В.А. Эпитов.** Опыт проектирования и перспективы развития судового гидравлического оборудования и гидросистем ..... 71
- А.С. Жильцов.** Влияние положения привода Арнесона на эксплуатационные характеристики главного двигателя ..... 77
- П.В. Наливкин, А.Н. Гаверилова.** Очистка и охлаждение отработавших газов теплового двигателя ..... 81
- А.Н. Казаринов.** Методика оценки остаточного ресурса резервуаров для хранения криогенных жидкостей на неатомных подводных лодках с анаэробной энергетической установкой ..... 85





## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- А.М. Тихоненко, П.В. Голубев.** Интегрированные мостиковые системы как универсальный инструмент управления судовыми техническими средствами ..... 89
- А.В. Макшианов, Т.В. Попович.** Разработка алгоритмов слияния многоканальных данных в системах мониторинга судовых объектов ..... 91
- Г.П. Дремлюга.** Беспилотные летательные аппараты корабельного базирования ..... 95
- С.Н. Шаров.** Один из вариантов возвращения беспилотного летательного аппарата на судно-носитель ..... 101
- В.В. Николаев, М.Ю. Плотников, А.А. Толстоусов.** Метод расчёта нелинейных искажений и спектра выходного сигнала по модуляционной характеристике радиопередающего устройства ..... 103

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- П.И. Малеев, П.Г. Бродский, В.Ю. Бахмутов, Е.И. Руденко.** О необходимости разработки концепции создания комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания ..... 107
- Е.В. Казакевич, В.Л. Архиповский, О.К. Бумай.** Морские медицинские консультативные центры как элемент системы медицинского обслуживания плавсостава морских судов ..... 112
- А.А. Брызгалин.** Инновационные разработки водолазной техники НПП «Респиратор» ..... 115
- П.А. Шауб.** Чтобы реже звучал сигнал SOS ..... 116

## ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

- Е.А. Горин, К.С. Чернов.** Мировое судоходство и морская техника. Часть 2. Проекты и технологии (по итогам «Norshipping–2015») ..... 119

## В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- 150-летие Научно-технического общества судостроителей России ..... 125

## В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- 43-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания ..... 127

## В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- Отчетное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга ..... 128

### Главный редактор

**Э.А. Конов**, канд. техн. наук

**Зам. главного редактора**

**Д.С. Глухов**

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Редакционная коллегия

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

**В.Н. Глебов**, канд. эконом. наук

**Е.А. Горин**, д-р эконом. наук

**Е.В. Игошин**, канд. техн. наук

**Б.П. Ионов**, д-р техн. наук, проф.

**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. Подоплекин**, д-р техн. наук, проф., акад. РАН

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

**Л.А. Промыслов**, канд. техн. наук

**Ю.Д. Пряжин**, д-р истор. наук, проф.

**А.В. Пустошный**, чл.-корр. РАН

**А.А. Родионов**, д-р техн. наук, проф.

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

**А.А. Русецкий**, д-р техн. наук, проф.

**В.И. Черненко**, д-р техн. наук, проф.

**Н.П. Шаманов**, д-р техн. наук, проф.

### Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

### Редактор

**Т.И. 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 № 231

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

**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 Vympel

**K.Yu. Shilov**, General Director  
JSC Concern SPA Avrora

**A.V. Shlyakhtenko**, General Director –  
General Designer JSC ZMKB Almaz

**K.A. Smirnov**, General Directors JSC MNS

**A.S. Solov'yev**, General Director  
JSC 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

- V.I. Spiridopulo**. *Severnoye Design Bureau – 70 years* ..... 1
- V.V. Shatalov, Yu.I. Rabazov**. *Contribution of the design bureau «Vympel»  
to construction of combined (river-sea) navigation able to meet competition  
under the conditions of transitional economy* ..... 11
- D.Yu. Litinsky**. *Corvette of the GOWIND 2500 design of the Egyptian Navy* ..... 15
- V.A. Matskevich, O.Ya. Timofeev, A.F. Suderevsky**. *Revival  
of non-atomic ice-breaker construction in Russia. Part 1* ..... 22
- G.V. Egorov, O.G. Egorova**. *Dry cargo barges of the «Europe-2B» type  
of the 1635OU, 1635OMDL, 1635OMDL-S, RDB06 and RDB11  
designs for operations in the «Danube-Main-Rhine» system* ..... 27
- A.Yu. Mazurenko**. *Approaches to designing of modern containers  
for operating of special products* ..... 33
- Yu.I. Nechaev, O.N. Petrov**. *Dynamic resistance to flooding of vessels  
based on the modified iterated functions system* ..... 39

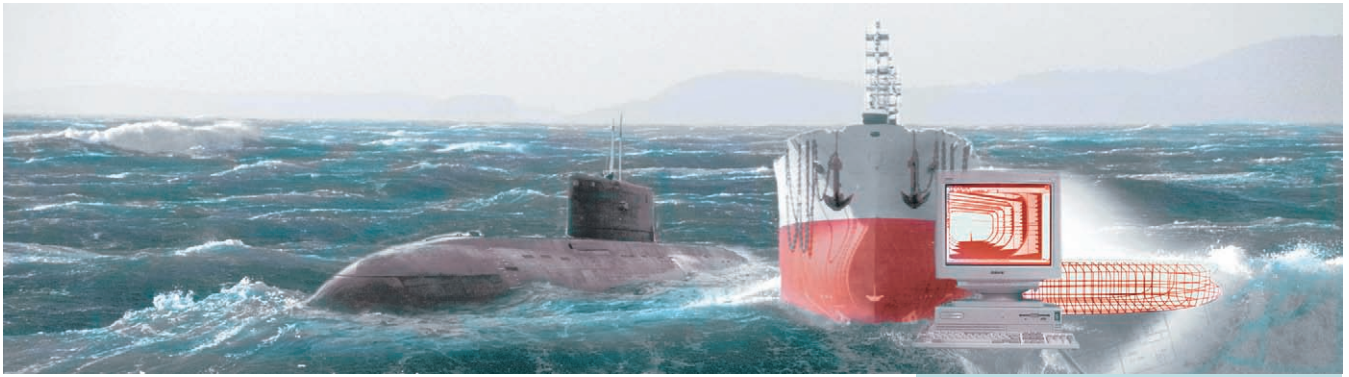
### TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- A.S. Solov'yev**. *Large-block construction of vessels as a solution  
for large-scale and complex designs in ship construction* ..... 45
- N.M. Vikhrov, A.A. Shnurenko, V.P. Lyanzberg**. *Basic features of construction,  
manufacturing technology and experimental research of high-pressure ports using  
clamping washers* ..... 51
- A.Ya. Rozinov, V.A. Shatilov, V.V. Logunov**. *Complex assessment  
of the modified technology of performing on-site connections  
of ship hull structures* ..... 52
- S.G. Filimonov, K.D. Shmoldaev**. *Let's store paintwork materials correctly* ..... 57
- B.A. Gorelik**. *Economic and organizational and technical prerequisites  
of introduction of innovative products into production* ..... 58
- A.V. Ivankovich**. *Strategic aspects of managing the financial cycle  
in the balanced score card system* ..... 61
- A.V. Titov**. *Theory and practice of implementation of the import substitution  
strategy in developing economies in the middle of the 20th and the beginning  
of the 21<sup>st</sup> century* ..... 63

### SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- K.Yu. Shilov, S.N. Surin, A.E. Fyodorov, Yu.A. Gubanov**. *Ship power  
supply systems* ..... 65
- D.S. Pakhomov, D.V. Rakitsky, V.A. Epitov**. *The experience  
of designing and the prospects of development of ship hydraulic equipment and  
hydraulic systems* ..... 71
- A.S. Zhiltsov**. *The influence of the Arneson drive position  
upon operational properties of the main motor* ..... 77
- P.V. Nalivkin, A.N. Gavrilova**. *Cleaning and cooling of exhaust gases  
of heat engines* ..... 81
- A.N. Kazarinov**. *Methods of evaluation of residual life of reservoirs for storing  
cryogenic liquids in non-atomic submarines with anaerobic propulsion machinery* .... 85





## INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

<i>A.M. Tikhonenko, P.V. Golubev. Integrated bridge systems as a universal tool of management of ship technical means</i> .....	89
<i>A.V. Makshanov, T.V. Popovich. Development of algorithms of merging multi-channel data in systems of monitoring of ship objects</i> .....	91
<i>G.P. Dremlyuga. Shipborne unmanned aerial vehicles</i> .....	95
<i>S.N. Sharov. One of the variants of returning an unmanned aerial vehicle to the parent vessel</i> .....	101
<i>V.V. Nikolaev, M. Yu. Plotnikov, A.A. Tolstousov. Method of calculation of non-linear distortions and output spectrum basing on the control characteristic of the radio transmitting equipment</i> .....	103

## OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

<i>P.I. Maleev, P.G. Brodsky, V. Yu. Bakhmutov, E.I. Rudenko. Concerning the necessity of developing an integrated system of providing navigational support of navigation</i> .....	107
<i>E.V. Kazakevich, V.L. Arkhipovsky, O.K. Bumai. Marine rescue coordination centers as an element of the system of medical attendance of shipboard personnel of sea vessels</i> .....	112
<i>A.A. Bryzgalin. Innovative developments of diving equipment of the SPE «Respirator»</i> .....	115
<i>P.A. Shaub. So that the SOS signal occurred less often</i> .....	116

## EXHIBITIONS AND CONFERENTIONS

<i>E.A. Gorin, K.R. Chernov. Global navigation and marine facilities. Part 2. Designs and technologies (basing on the results of «Norshipping–2015»)</i> .....	119
--	-----

## IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

<i>150 years of the Scientific and Technical Association of shipbuilders of Russia</i> .....	125
--	-----

## IN THE MARITIME BOARD

<i>The 43<sup>th</sup> Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Board</i> .....	127
--	-----

## IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

<i>Reporting back meeting of the shipbuilder's association of Saint-Petersburg and Leningrad region and the shipbuilding workshop of the Marine Council of the Saint-Petersburg Government</i> .....	128
--	-----

### Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

### Deputy Editor-in-Chief

D.S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Editorial Collegium

Yu.V. Baglyuk, Ph. D.

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

V.N. Glebov, Ph. D.

E.A. Gorin, D. Sc.

E.V. Igoshin, Ph. D.

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

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 elektronaya

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 № 231

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.



Этот проект, получивший номер 58, разрабатывался в 1956–1958 гг. под руководством выдающегося кораблестроителя В. А. Никитина. При водоизмещении около 5000 т новый корабль был оснащен двумя поворотными счетверенными пусковыми установками для ПКР П-35 и зенитным ракетным комплексом «Волна». Всего в 1962–1965 гг. флоту было сдано четыре таких корабля.

В 1956–1958 гг. в бюро начались работы по проектированию еще одного принципиально нового типа – большого противолодочного корабля (БПК) пр. 61. На этом корабле впервые в мировой практике была применена всережимная газотурбинная установка мощностью 72 000 л. с., имевшая примерно вдвое меньшую массу, чем котлотурбинная установка той же мощности на эсминце пр. 56.

Еще в 1961 г. бюро выполнило проектную проработку универсального корабля, способного решать задачи кораблей пр. 58 и пр. 61 – пр. 61К. Эта идея получила дальнейшее развитие в пр. 1134, ТТЗ на который было выдано в конце того же года. По этому проекту было построено четыре корабля. Еще в ходе рабочего проектирования в бюро были выполнены проработки по совершенствованию средств ПЛО за счет применения противолодочного ракетно-торпедного оружия. По их результатам в январе 1965 г. было принято решение о строительстве последующих кораблей серии, начиная с пятого, по откорректированному пр. 1134А с заменой противокорабельного ракетного комплекса на противолодочный. С учетом опыта постройки и проектирования кораблей пр. 1134 и пр. 1134А бюро выполнило в 1959 г. технический проект 1134Б (главный конструктор А. К. Перьков) большого противолодочного корабля (БПК) с усиленным вооружением и газотурбинной энергетической установкой. Корабли пр. 58, 61 и 1134 составили первое поколение ракетных надводных кораблей отечественного флота.

Помимо службы в отечественном флоте корабли 61-го проекта активно поставлялись на экспорт. В 1974 г. начались переговоры с прибывшей в Севастополь индийской делегацией на предмет постройки подобных кораблей для ВМС Индии. В ходе них потенциальный заказчик предложил проектанту убрать вертолет с взлетно-посадочной палубы в ангар, а также усилить артиллерийское вооружение корабля. Фактически это был новый проект (главный конструктор Б. И. Купенский, затем А. Д. Шишкин), который получил номер 61МЭ. Всего по пр. 61МЭ было построено пять БПК, которые были поставлены для ВМС Индии. Это были первые достаточно крупные надводные боевые корабли, построенные

в СССР специально на экспорт. Все пять до сих пор исправно несут свою службу.

В рассматриваемый период большое развитие получил отечественный промысловый флот. В целях его дальнейшего развития решением правительства предусматривалось строительство в 1962–1973 гг. большой серии транспортных рефрижераторов пр. 569А. Всего с 1963 по 1972 г. было построено 55 судов, в том числе для Эстонии, Литвы, Болгарии и Румынии.

Для проведения комплексных исследований по метрологии, гидрологии, гидробиологии, турбулентности и геологии дна в океанских и морских районах земного шара, также по заданию Академии наук СССР, бюро разработало проекты оборудования научно-исследовательских судов для экспедиционных работ: по теме «Океан» – «Академик Курчатов», по теме «Муссон» – «Профессор Визе», по теме «Море» – «Академик Вернадский» и «Дмитрий Менделеев». Суда «Академик Алексей Крылов», «Академик Ширшов» и «Профессор Зубов» предназначались для проведения метеорологических исследований в высотных слоях атмосферы (150–200 км), а суда «Сергей Вавилов» и «Петр Лебедев» (пр. 221 и пр. 222) для исследований по гидроакустике в интересах ВМФ.

Однако постепенно бюро снова вернулось к проектированию только боевых кораблей. Возможности промышленности строить большие противолодочные корабли с их сравнительно большой стоимостью оказались ограниченными, и было признано целесообразным в дополнение к этим кораблям создать меньшие по водоизмещению и стоимости противолодочные корабли. В отличие от прежних артиллерийских СКР они были способны самостоятельно бороться с подводными лодками в ближней зоне, а также участвовать в противолодочных операциях в удаленных районах.

Работы над пр. 1135, получившим шифр «Буревестник», велись под руководством Н. П. Соболева. Из числа рассмотренных вариантов энергетических установок (КТУ, ГТУ и ДГТУ) для дальнейшего проектирования была принята ГТУ с маршевой частью и возможностью работы любого из маршевых двигателей на оба вала. При рассмотрении технического проекта было решено установить на корабле буксируемую ГАС «Вега». В проекте было применено много новых решений: оригинальная газотурбинная установка, маршевая редукторная приставка, новые гидроакустические комплексы, в том числе с подкильной и буксируемой ГАС переменной глубины, противолодочный ракетный комплекс УПРК-4 «Метель» с 4-рядной пусковой установкой и многое другое. В резуль-

тате при почти вдвое меньшем водоизмещении СКР пр. 1135 сохранил такое же противолодочное оружие, что и БПК пр. 1134А и пр. 1134Б (правда, с меньшим боезапасом). Кроме того, особо оговаривалась возможность замены 76-мм артиллерийских установок на 100-мм, что было реализовано на кораблях пр. 1135М.

В 1979 г. в бюро по ТТЗ КГБ и ВМФ на базе корабля пр. 1135 был разработан технический пр. 11351 пограничного сторожевого корабля «Нерей». Создание такого крупного пограничного корабля было вызвано необходимостью контролировать 200-мильную экономическую зону. На корабле предусматривалось постоянное базирование вертолета с размещением в ангаре. Эти корабли строил керченский завод «Залив». Всего было построено восемь кораблей этого проекта. Продолжением этого корабля стали фрегаты пр. 11356 для ВМС Индии. Три корабля было построено на «Балтийском заводе» в Санкт-Петербурге и еще три корабля на заводе «Янтарь» в Калининграде. Положительный опыт эксплуатации этих кораблей в ВМС Индии дал возможность заказать такие же корабли и для ВМФ России с заменой ряда импортных комплектующих на российские образцы.

Следующим типом БПК отечественного флота стали корабли пр. 1155 «Фрегат», разработку которого бюро вело с 1972 г. Головной корабль «Удалой» был сдан флоту в конце 1980 г., а 12-й корабль серии – «Адмирал Пантелеев» – в 1991 г.

К 70-м гг. в ВМФ СССР срок службы эсминцев, вооруженных 130-мм артиллерией, приближался к предельному. Проектирование нового эсминца пр. 956 «Сарыч» началось под руководством В. Ф. Аникиева, а с 1975 г. работы продолжил И. И. Рубис. Технический облик нового эсминца существенно изменился. Сходство со своими предшественниками выражалось лишь в наличии на нем 130-мм артустановок и торпедных аппаратов. Основным же вооружением корабля стали противокорабельный ракетный комплекс «Москит», зенитный ракетный комплекс «Ураган», 30-мм автоматы, РБУ-1000 и вертолет Ка-27. Постройку кораблей вел Ленинградский завод им. А. А. Жданова. Всего с 1976 до 1993 г. было построено 17 кораблей для отечественного флота и четыре корабля для ВМС Китая.

После сдачи ВМФ в 1965 г. последнего ракетного крейсера пр. 58 корабли этого подкласса, основным назначением которых была борьба с надводными кораблями противника, в течение почти 10 лет в СССР не строились. Основной ударной силой ВМФ считались атомные подводные лодки, а надводным кораблям отводилась лишь роль противоло-





**Многоцелевой фрегат пр. 22350**

дочных. В июле 1977 г. приказом главного ВМФ корабль пр. 1144 был переклассифицирован в тяжелый атомный ракетный крейсер. Постройка кораблей осуществлялась на Балтийском заводе им. Орджоникидзе в Ленинграде. Головной тяжелый атомный крейсер «Киров» (с 1992 г. «Адмирал Ушаков») был сдан ВМФ в декабре 1980 г. Последующие корабли строились по улучшенному пр. 11442 (главный конструктор В. А. Перевалов). В октябре 1984 г. вступил в строй корабль «Фрунзе» (с 1992 г. «Адмирал Лазарев»), в декабре 1988 г. – «Калинин» (с 1992 г. «Адмирал Нахимов») и, наконец, «Петр Великий», который до 1992 г. назывался «Юрий Андропов».

Наряду с разработкой и строительством кораблей пр. 1144 было принято решение создать менее дорогостоящий ракетный крейсер, способный противостоять авианосцам потенциального противника. В отличие от крейсера пр. 1144 на новом корабле кроме газотурбинной энергетики установили 16 противокорабельных ракет П-500 и заменили 100-мм артиллерию на 130-мм. В 1974 г. был завершен технический проект, и 5 ноября 1976 г. на заводе им. 61 Коммунара состоялась закладка головного корабля пр. 1164 «Слава» (в настоящее время «Москва»). Всего до 1989 г. в строй вступило три крейсера этого типа. Четвертый, «Адмирал флота Лобов», в марте 1993 г. при готовности 75% был снят со строительства и находится в консервации в Николаеве на заводе им. 61 Коммунара. Очевидно, что он никогда не вступит в состав флота, ни российского, ни украинского.

В 1972 г. ВМФ подготовил ТТЗ на проектирование нового противолодочного корабля на базе пр. 1135. Проработки показали, что в водоизмещение 1135 т уложиться не удастся прежде всего из-за значительных массогабаритных характеристик ГАК «Полином». Крупногабаритный носовой обтекатель антенного поста ГАК «Полином» стал отличительной особенностью корпуса БПК пр. 1155. Основным оружием ПВО нового БПК стали два новейших ЗРК «Кинжал» с боекомплектом 64 ЗУР, заменивших

ЗРК «Оса-М». Ракеты с вертикальным стартом, имеющие радиокомандное наведение, разместили в барабанных подпалубных пусковых установках. Артиллерийское вооружение корабля включало две 100-мм АУ АК-100 и четыре 30-мм автомата АК-630. Противолодочные средства были представлены комплексом ПЛУР «Метель» с двумя счетверенными неподвижными пусковыми установками. Кроме того, имелось два четырехтрубных 533-мм торпедных аппарата, а также две РБУ-6000. На корабле было предусмотрено базирование двух вертолетов Ка-27, что существенно увеличило противолодочный потенциал корабля. Механическая установка была принята по типу пр. 1135 мощностью 62 000 л.с.

В 1983 г. Северное ПКБ сформулировало предложение по существенному увеличению боевой мощности корабля без изменения его главных размеров за счет замены УРПК «Метель» противокорабельным комплексом УРО «Москит», 533-мм торпедных аппаратов на универсальным противолодочным комплексом «Водопад», а двух 100-мм артиллерийских установок АК-100 одной 130-мм двухствольной установкой АК-130. Реактивные бомбометные установки РБУ-6000 заменил противоторпедный комплекс «Удав-1», а 30-мм автоматы АК-630 – ЗРАК «Кортик». На смену гидроакустическому комплексу «Полином» пришел ГАК «Звезда-2». Сравнительная оценка показала, что по боевой эффективности пр. 11551 в 1,3–1,4 раза превосходит корабль пр. 1155. К сожалению, в составе ВМФ России находится только один корабль этого проекта «Адмирал Чабаненко» (главный конструктор В. П. Мишин). Корпус второго корабля «Харьков» и закладная секция третьего в 90-е гг. были разрезаны на металл.

С началом перестройки, когда госзаказ был равен «нулю», бюро в поисках заказов выполнило целый ряд поисковых инициативных проектов:

- плавучей сценической площадки водоизмещением 900 т;
- стоечного судна-аквапаркинга на 200 автомобилей;

- плавучей гостиницы на 1800 человек;
- плавучего отеля «Призма» на 50 человек со стеклянной надстройкой, и целый ряд других интересных работ, которые в основном так и остались на бумаге.

По заказу Казахстана в 2004–2005 гг. бюро разработало проект катера-снабженца (пр. 22180), предназначенного для доставки грузов и персонала на буровые платформы Каспийского моря, экологического патрулирования и проведения поисково-спасательных работ в открытом море. Всего было построено три корабля.

В сентябре 2007 г. на стапеле судостроительной фирмы «Алмаз» был заложен пограничный сторожевой корабль пр. 22460 «Рубин», предназначенный для охраны государственной границы, территориальных вод, континентального шельфа, для проведения аварийно-спасательных работ, а также для осуществления экологического контроля и ликвидации последствий природных бедствий. Наряду с охраной границы задачами кораблей такого класса все чаще называют борьбу с терроризмом и морским пиратством. Корабль был спущен на воду 26 июня 2009 г., и уже менее чем через пять месяцев вышел на государственные испытания, акт о завершении которых был подписан 13 ноября 2009 г. Одна из основных особенностей «Рубина» – наличие на борту взлетно-посадочной площадки для легкого вертолета. Еще одна важная особенность корабля – наличие в его кормовой части наклонного слипа, на котором может быть установлен быстроходный жестко-надувной катер, предназначенный для быстрой доставки досмотровой группы на суднонарушитель. Поисковый вертолет и два катера на борту существенно расширяют возможности этого корабля. На «Рубине» созданы великолепные бытовые условия для экипажа. Есть даже сауна с бассейном. Корабль строится большой серией на двух заводах в Санкт-Петербурге и на Дальнем Востоке. За создание этого корабля группа конструкторов и заводчан была отмечена премией Правительства Российской Федерации.

Одной из последних и весьма существенных работ бюро стал фрегат четвертого поколения пр. 22350 «Адмирал Флота Советского Союза Горшков». Корабль спроектирован по технологии стелс и оснащен новейшими комплексами и системами вооружения. Строительство серийных кораблей пр. 22350 «Адмирал Флота Касатанов», «Адмирал Головкин», «Адмирал Флота Советского Союза Исаков» осуществляется на судостроительном заводе «Северная верфь».

Ведется целый ряд и других перспективных работ для отечественного флота. ■



**Р**азвитие промышленности, строительства и сельскохозяйственного производства в послевоенный период в СССР сопровождалось строительством большого количества грузовых судов речного флота. Численность речных грузовых судов в конце 80-х гг. составляла более 600 ед. [2]. Ежегодный объем перевозок речным транспортом достигал 100–120 млн. т [1]. Особую роль перевозки на речных грузовых судах сыграли в период бурного развития регионов Сибири и Дальнего Востока.

В связи с изменившимися экономическими условиями в стране в начале 90-х гг. прошлого столетия ежегодные объемы перевозок грузов внутренним водным транспортом сократились до 6–7 млн. т. В результате значительная часть речных судов простаивала без работы. Стояла угроза потери квалифицированных флотских кадров, какими являлись дипломированные капитаны судов, механики и их помощники. Не лучшим образом складывалась ситуация и в морском транспортном флоте. В процессе раздела собственности бывшего СССР Россия лишилась нескольких пароходств, а с ними и судов, обеспечивающих экспортно-импортные перевозки грузов. В связи с этим страна вынуждена была ежегодно выплачивать до 1 млрд. долл. США за фрахтование иностранных судов. В этой обстановке специалисты конструкторского бюро «Вымпел», будучи базовой организацией по проектированию судов внутреннего и смешанного река-море плавания, совместно с ведущими речными пароходствами (Северо-Западным, Волжским, Камским, Московским и др.), при участии специалистов Морского и Речного Регистров России выработали решение по модернизации речных грузовых судов под условия морского плавания. Всего было модернизировано свыше 400 сухогрузов и танкеров [2].

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ РЕЧНЫХ ГРУЗОВЫХ СУДОВ ПОД МОРСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛАВАНИЯ**

Экономически модернизация судов была вполне оправданной, поскольку затраты на переоборудование, например, одного судна типа «Волго-Дон» составляли в ценах того времени около 1,5 млн. долл., тогда как на строительство нового судна такой грузоподъемности требовалось в пять-шесть раз больше, т.е. порядка 8–9 млн. долл. США. Переоборудованные суда работают в течение более 20 лет на экспортно-импортных перевозках во многих российских судоходных компаниях, а доходы от их работы в виде налогов поступают в государственную казну. По данным Московского речного пароходства, 18 переоборудованных речных судов принесли ежегодный доход в размере 5,5 млн. долл., что в среднем составило на одно судно 300 тыс. долл. [4]. От всех переоборудованных судов эта сумма составила порядка 120 млн. долл. Следует отметить также снижение социальной напряженности среди плавсостава, общая численность которого составила порядка 4000 человек. Важным была и возможность сохранения рабочих мест на судостроительных заводах в условиях их неполной загрузки в то время.

В итоге можно констатировать, что работа, выполненная коллективами проектировщиков, судостроительных заводов и отечественных судоходных компаний, позволила решить задачу государственной важности по использованию грузового речного флота на отечественных экспортно-импортных перевозках. Это позволило стране ежегодно экономить по 1 млрд. долл., затрачиваемых ранее на привлечение для этих целей иностранных судов. Введение в эксплуатацию модернизированных судов явилось существенным вкладом в реализацию

## **ВКЛАД КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО «ВЫМПЕЛ» В СОЗДАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКИ**

*В.В. Шаталов, ген. директор,*

*Ю.И. Рабатов, канд. техн. наук, гл. конструктор, ОАО «КБ «Вымпел»,  
контакт. тел. (831) 439 6722*

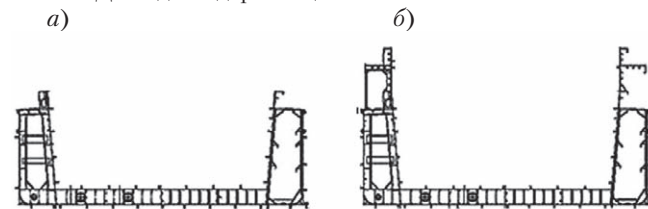
ФЦП «Возрождение торгового флота России», разработанную на период 1993–2000 гг.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ СУДОВ**

Технические решения при модернизации заключались в следующем: во-первых, нужно было довести стандарт общей прочности корпусов для плавания на волнении до 3,5–4 м, во-вторых, выполнить дополнительные конструктивные мероприятия, продиктованные требованиями международных конвенций. Эти требования заключались в обеспечении мер по безопасности плавания (например, снабжение судов более надежными спасательными средствами), замене горючих обстрочных и изоляционных материалов, выполнения дополнительных мероприятий по охране окружающей среды.

Известно, что речные и озерные суда обладают избыточной остойчивостью, поэтому мореходные качества модернизированных судов сомнений не вызывали. Главный вопрос заключался в обеспечении стандарта общей прочности корпусов. На основании актов фактического состояния судов, составленных инспекторами Регистра, проектировщики КБ «Вымпел» прорабатывали конструктивные мероприятия по доведению судов до необходимых требований. В результате выполненных расчетов были реализованы два принципиальных решения по обеспечению общей прочности для возможности плавания судов при повышенном (до 3,5–4 м) волнении. Первое заключалось в наращивании комингсов грузовых трюмов по высоте на 2,5 м и приварке накладных полос необходимого сечения в местах расположения днищевых стрингеров и ширстречного пояса.

На рис. 1 приведены схемы мидель-шпангоута судов типа «Волго-Дон» до модернизации и после нее.



*Рис. 1. Мидель-шпангоут сухогруза типа «Волго-Дон»: до модернизации (а) и после модернизации (б)*

Для наращивания комингсов грузовых трюмов, а также приварки полос по днищу и ширстречку расходовалось около 400 т металла. При этом увеличивалась вместимость грузовых трюмов примерно на 50%, а грузоподъемность судна удалось сохранить по изначальному проекту.

Второе решение по обеспечению прочности корпусов судов заключалось в уменьшении их длины примерно на 30 м и снижении значений момента от общего изгиба на волнении до значений, не превышающих допускаемых. Дополнительного расхода

металла не потребовалось. Грузоподъемность уменьшилась с 5000 т до 3500 т. Такие решения впоследствии были реализованы в проектах модернизации «Волго-Дон» другими проектными бюро, например, ЗАО «Морское Инженерное Бюро».

В связи с изменением класса модернизируемых судов и выполнением требований международных конвенций были выполнены следующие мероприятия:

- установка аварийного дизель-генератора для питания рулевых машин, радиостанции, пожарного насоса и ходовых огней в аварийном режиме;
- установка аварийного пожарного насоса вне машинно-котельного помещения;
- замена открытых шлюпок на морские закрытого типа;
- установка лага и эхолота;
- организация аварийного выхода из машинно-котельного отделения;
- удлинение якорных цепей с целью повышения их держащей силы в повышенных ветроволновых условиях.

Перечисленные мероприятия не представляли особых трудностей при переоборудовании судов на заводах, но было одно требование, которое оказалось весьма затратным. Дело в том, что Правилами Речного Регистра в качестве обстрочных и изоляционных материалов допускалось использование трудносгораемых, а вот на морских судах Правилами Морского Регистра применение таких материалов не допускалось. В связи с этим потребовалось бы демонтировать все жилые и служебные помещения в надстройке для замены деревянного обрешетника на металлический. Рассмотрев суть вопроса, проектировщики совместно с инспекторами Регистра приняли решение: в случае возгорания деревянного обрешетника, стены помещений и коридоров, ведущих к спасательным шлюпкам для эвакуации членов команды, зашить легким, но не горючим материалом, каким является металлопласт. В итоге значительно были снижены трудоемкость работ и сроки ее выполнения. Аналогичные компромиссные решения, не уменьшающие безопасности плавания судов, были приняты и при выполнении ряда других требований.

При модернизации речных судов были реализованы проекты с изменением назначения судов, например, переоборудование сухогрузов типа «Волжский» в танкер типа «Волга-флот». Модернизация судов с целью повышения их класса широко использовалась в рамках программы «Возрождение торгового флота России» в период с 1993 г. по 2000 г. Как временное решение вопроса по увеличению сроков эксплуатации ранее построенных судов Речным Регистром в 2002–2003 гг. были разработаны нормативные требования к модернизируемым судам с использованием элементов судов, подлежащих списанию [4].

Работы по переоборудованию судов выполнены на «Окской судовой верфи» г. Навашино, Зеленодольском судостроительном заводе им. А.М. Горького, заводе им. Володарского в г. Рыбинске, а также на ряде заводов Украины и Турции.

Работа по модернизации речных и озерных судов позволила дополнительно изучить многие вопросы, связанные с эксплуатацией судов смешанного река-море плавания. Например, было установлено, что на рынке требуются сухогрузы дедвейтом в 3000 т, 5000 т и танкеры максимально достижимого дедвейта по условиям эксплуатации судов в речных условиях. Также было установлено, что новые суда должны быть приспособлены к расширенным районам плавания и перевозке расширенной номенклатуры груза. В связи с изменившейся ценой топлива важно было установить оптимальную скорость хода судов, а следовательно, и мощность главных силовых установок. Перечисленные технико-эксплуатационные характеристики нашли отражение в технических заданиях на проектирование новых судов в период переходной экономики в стране.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКИ

Изменившиеся эксплуатационные условия в европейской части страны в середине прошлого столетия сделали возможным создание принципиально новых типов судов – судов, способных доставлять грузы из речных портов в морские и наоборот, без перевалки. Строительство первых серийных сухогрузов грузоподъемностью 2700 т типа «Профессор Керичев», а позднее типа «Красное Сормово», началось в 60-е гг. По мере накопления опыта эксплуатации были разработаны последующие проекты судов данного типа. Расширялись районы их плавания, увеличивалась провозная способность, улучшилась приспособленность к выполнению грузовых операций, т.е. повышался технический уровень вновь создаваемых судов. Так, в конце 80-х гг. в КБ «Вымпел» были разработаны новые проекты судов смешанного плавания, приспособленных для плавания по внутренним линиям и вокруг Европы. Сухогрузы пр. 16510 и пр. 16530 грузоподъемностью до 4500 т строились на класс I ограниченный Морского Регистра, что позволяло им ходить без ограничений во все европейские порты, а также порты, расположенные на северо-западе Африканского континента.

В связи с изменившейся экономической ситуацией в стране перед судостроительными заводами встал вопрос о поиске рынка сбыта своих судов. Выяснилось, что никто из зарубежных судовладельцев не проявлял интереса к нашим судам смешанного плавания. Выполненный сотрудниками КБ «Вымпел» в начале 90-х гг. сравнительный анализ показал следующее: отечественные суда смешанного река-море плавания, построенные до 1990 г., не уступали иностранным аналогам по конструкции корпуса, мореходным качествам, приспособленности к грузообработке и оснащению радионавигационным комплексом. Превосходили по достигнутой грузоподъемности судов, автономности плавания, расчетному сроку службы, ремонтпригодности машинно-котельных отделений и условиям проживания экипажей. При этом отечественные суда, построенные до 1990 г., имели жилые надстройки больших объемов (до 30%), на них устанавливалось более энергоемкое и большего размера комплектующее оборудование, численность экипажей в 1,5 раза превышала численность на иностранных судах. Одним словом, наши суда уступали зарубежным аналогам в материалоемкости. Сказанное подтверждается данными, представленными в виде зависимости массы порожнем от дедвейта, которые приведены на рис. 2.

Дпор., т.

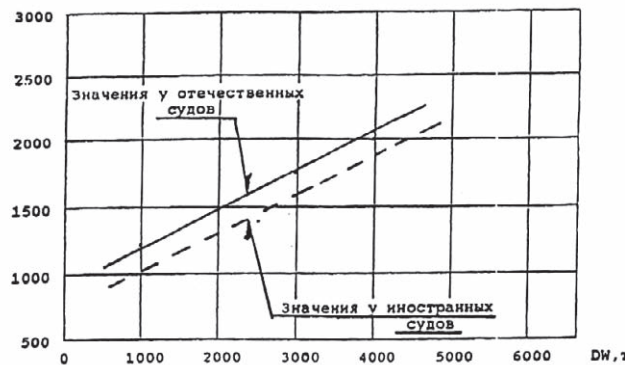


Рис. 2. Зависимость водоизмещения судна порожнем от дедвейта

Сравнение по относительному показателю качества – коэффициенту утилизации полного водоизмещения по дедвейту – говорило не в пользу отечественных судов. Были установлены основные причины нашего отставания:

1. Комплектующее оборудование и механизмы отечественного производства уступали иностранным аналогам как по массе, так и по габаритам.



2. Более высокий уровень автоматизации на иностранных судах позволял эксплуатировать их со штатом команды в 7–9 человек, тогда как на наших судах штат команд составлял 13–15 человек. Это приводило к излишнему количеству жилых кают в надстройке, увеличивая ее размеры и массу.

3. При изготовлении корпусов иностранных судов использовались толщины металла, не кратные целому числу, например, 7,5 и 8,5 мм, которые назначались по расчетам прочности. Мы же вынуждены применять металл кратной толщины, т.е. 8 и 9 мм, хотя по расчету требовалось 7,5 и 8,5 мм. Отечественная металлургическая промышленность не поставляла листы требуемой толщины, поэтому наши корпуса оказывались большей массы.

4. На иностранных аналогах закладывались меньшие запасы толщин корпусных элементов на коррозионный износ.

Все перечисленные причины нашего отставания были учтены конструкторами КБ «Вымпел» при проектировании новых судов начиная с 1991 г. Первым, с учетом новых подходов, был разработан проект сухогруза 00352. Новое судно отличалось от предшественников следующим:

- на судне была установлена одновальная силовая установка, что позволило повысить пропульсивный КПД двигателей и сократить расход топлива главным двигателем примерно на 5–6%;
- была сокращена численность команды на три человека, что позволило уменьшить количество жилых кают и, соответственно, размеры надстройки;
- увеличены размеры грузовых трюмов с учетом перевозки расширенной номенклатуры грузов, в том числе и большегрузных контейнеров международного стандарта;
- судно спроектировано на повышенный класс Регистра, что позволило расширить районы его эксплуатации, включив Черное, Каспийское, Балтийское, Северное и Средиземное моря;
- судно было оснащено люковыми закрытиями, обеспечивающими одновременное 100%-ное раскрытие грузовых трюмов, что способствовало ускоренной грузообработке;
- для улучшения маневренных качеств на судне было установлено носовое подруливающее устройство.

Качественный показатель технического уровня – коэффициент утилизации полного водоизмещения по дедвейту – был достигнут 0,698 и находился на уровне иностранных аналогов. Схема общего вида судна приведена на рис. 3.

Аналогичные технические решения были заложены в проектах сухогрузных теплоходов 16290 и 16291, построенных по заказу Северо-Западного пароходства на Волгоградском судостроительном заводе в 1994–1995 гг. серий в 10 ед. Пр. 16290 и 16291 впервые в стране были разработаны и построены под требования иностранного классификационного общества – Регистра Ллойда, что значительно расширило круг грузоотправителей, фрахтующих суда под свои грузы. Для этого специалистам КБ «Вымпел» пришлось первыми в России освоить Правила Регистра Ллойда. На промышленный образец судна пр. 16290 получен патент № 39448 от 28.10.93 г.

Следующим шагом по учету рыночных требований в условиях переходной экономики была разработка и постройка

в 2002 г. по проекту КБ «Вымпел» на судостроительном заводе «Северная верфь» головного судна смешанного река-море плавания дедвейтом 5400 т. Это судно в полной мере отвечало требованиям заказчика (Северо-Западное пароходство) и международных конвенций по безопасности плавания, экологии и охране труда. Строительство серийных судов этого типа по пр. 01010 «Валдай» и 00101 «Русич» одновременно велось на заводах «Северная верфь», «Красное Сормово», «Окская судовой верфь» и Зеленодольском судостроительном заводе им. А. М. Горького. Всего было построено 20 судов этого типа. Общий вид судна приведен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид сухогрузов типа «Валдай» и «Русич»

Принципиальное отличие этих судов заключалось в конструкции грузовых трюмов повышенной вместимости: была повышена высота комингсов до 2,9 м и устроены площадки выше главной палубы для прохода и обслуживания люковых закрытий. Это же решение позднее было использовано ЗАО «Морское Инженерное Бюро» в серии сухогрузов типа RSD.

Схема поперечного сечения теплохода типа «Русич» приведена на рис. 5.

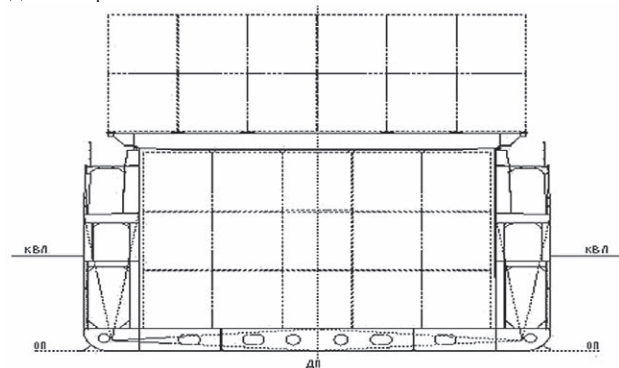


Рис. 5. Поперечное сечение теплохода «Русич»

Можно отметить, что впервые на судне смешанного плавания была применена бульбообразная форма носовой оконечности, а в корме – гребные валы расположены в скегах, что позволило сократить длину машинно-котельного отделения и увеличить протяженность грузовых трюмов повышенного объема. Суда этого типа приспособлены для перевозки грузов расширенной номенклатуры, в том числе опасных химических большегрузных контейнеров и рефрижераторных. При строительстве судов этой серии впервые в отечественном су-

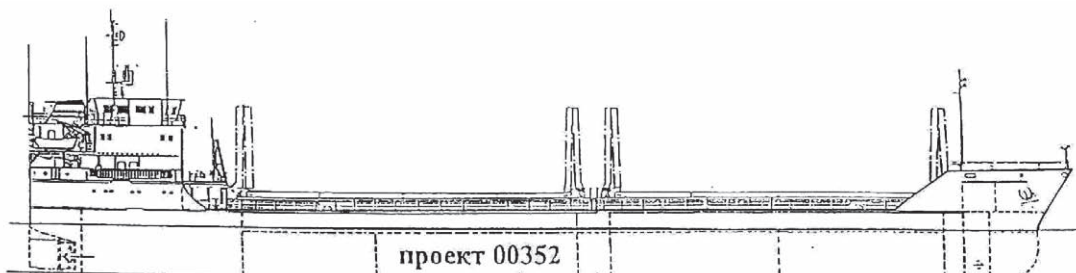


Рис. 3. Схема общего вида сухогруза пр. 00352

достроении был использован метод монтажа трубопроводов общесудовых и систем машинно-котельного отделения из предварительно изготовленных по эскизам элементов. Это стало возможно благодаря разработке электронной модели судна, его отсеков, позволяющих пространственное изображение труб с простановкой всех размеров. Пример разработки фрагмента системы машинно-котельного отделения выполненного в 3D изображении и эскизов труб приведен на рис. 6. Снижение трудоемкости монтажных работ на заводах составило примерно 30% от выполнения работ традиционным способом, т.е. снятием и изготовлением шаблонов по месту.

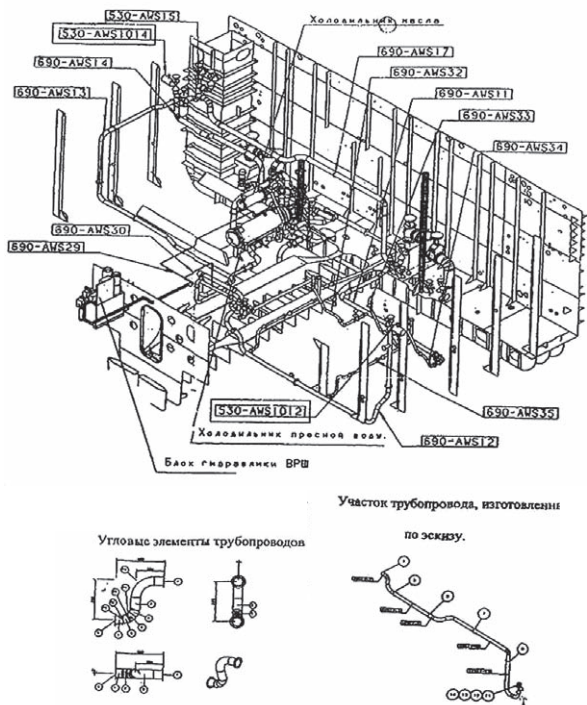


Рис. 6. Система охлаждения забортной водой, выполненная в трехмерной графике

По аналогии с западными технологиями сборка корпусов выполнялась из крупных предварительно насыщенных блоков. Пр. 00101 оказался столь удачным, что многие решения, использованные в нем, стали использоваться и в проектах других конструкторских бюро. Проявили заинтересованность в нем и за рубежом. Проект был куплен одной иностранной компанией для строительства десяти судов на судостроительной верфи во Вьетнаме. КБ «Вымпел» получен патент на промышленный образец № 55-448 от 16 октября 2004 г. На базе проекта типа «Русич» КБ «Вымпел» разработано проектное предложение на сухогруз дедвейтом 7000 т, который может быть востребован судоходными компаниями в перспективный период.

Из новых танкерных судов смешанного плавания в 90-е гг. были разработаны пр. 00200 и пр. 00206 дедвейтом в море до 6600 т. Танкеры были построены на Волгоградском ССЗ. Конструктивно они отличались от предшественников тем, что в них впервые были использованы погружные насосы, ликвидировано, тем самым, специальное насосное отделение, грузовые трюмы выполнены с набором, расположенным вне трюма, т.е. со стороны палубы. Впервые был применен движительно-рулевой комплекс, состоящий из одновальной силовой установки и рулевой машины, приводящей в движение три руля. Проекты новых танкеров соответствовали требованиям Германского Ллойда и международным конвенциям. Эти танкеры были построены по заказу судоходной компании «Волго-танкер». Общий вид танкера пр. 00206 представлен на рис. 7. Конструктивный мидель-шпангоут представлен на рис. 8. Палуба танкера в районе грузовых трюмов выполнена с тронком, т.е. возвышением высотой 900 мм, что обеспечивает

необходимый объем грузовых трюмов, а также дает дополнительную поправку на минимальный надводный борт, увеличивая допустимую осадку, и это очень важно при перевозке тяжелых сортов жидких грузов, например, сырой нефти.



Рис. 7. Общий вид танкера пр. 00206

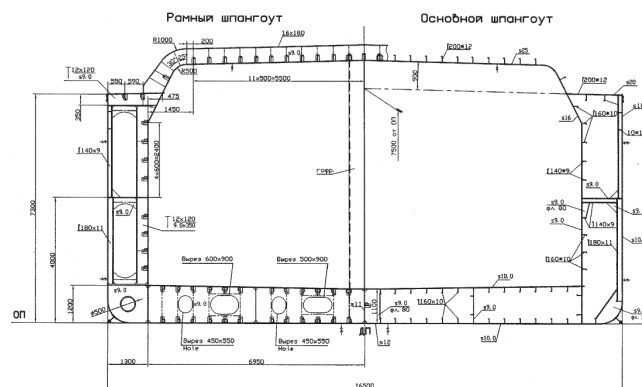


Рис. 8. Конструктивный мидель-шпангоут танкера пр. 00206

Под требования иностранного заказчика по пр. 00216 КБ «Вымпел» на ОАО «Окская судостроительная верфь» в период 2008–2010 гг. построена серия более совершенных танкеров-химовозов дедвейтом 5400/6600 т. Общий вид танкера представлен на рис. 9.



Рис. 9. Общий вид танкера пр. 00216

Обводы корпуса выполнены повышенной полноты ( $\delta=0,892$ ), что увеличивает общее водоизмещение и дедвейт при ограниченной глубине судового хода в речных условиях. Форма обводов носовой оконечности представлена на рис. 10.

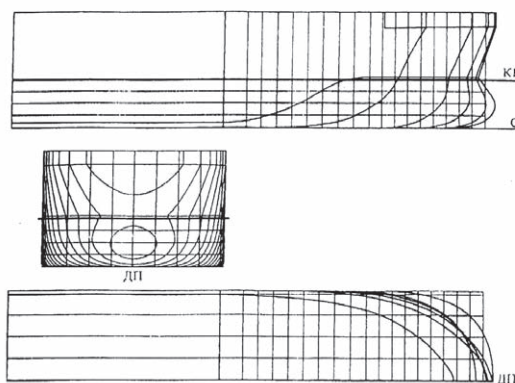


Рис. 10. Обводы корпуса танкера пр. 00216



Такое решение было использовано также в пр. RST 27, по которому построена крупная серия в 30 ед. для компании «Волго-Флот», автор проекта – ЗАО «Морское Инженерное Бюро». На промышленный образец танкера пр. 00216 получен патент № 74012 от 16.12.2010 г. В 2013г. в КБ «Вымпел» разработан эскизный пр. 00217 танкера смешанного река-море плавания повышенной провозной способности. Дедвейт в реке составляет 5550 т, а в море 7550 т. Такие значения дедвейта достигнуты за счет снижения массы судна, а также увеличения коэффициента полноты корпуса до 0,913.

Под новую технологию морских перевозок в 1996 г. был создан буксирно-баржевый состав грузоподъемностью 4630 т. Строительство составов выполнялось на «Окской судовой». Общий вид состава представлен на рис. 11.



Рис. 11. Буксирно-баржевый состав грузоподъемностью 4630 т

В апреле 2015 г. на верфи «DCNS» в Лориане началось строительство головного корвета пр. GOWIND 2500 для ВМС Египта.

Французы стали победителем в международном конкурсе на совместное с египтянами строительство кораблей с передачей технологий, проводившемся в конце 2013–начале 2014 г. Рассматривались также предложения Италии (проект корвета полным водоизмещением 2750 т с ГЭУ по схеме CODLAD, «Fincantieri»), Германии (МЕКО А100, «Thyssen Krupp Marine Systems»), Нидерландов (SIGMA 10514, «Damen Naval Shipbuilding»), Китая и России. Из анализа немногочисленных информационных сообщений о проведенном тендере и публикаций в специализированных зарубежных СМИ можно сделать вывод, что определение победителя в большей степени стало следствием политического решения и выгодных коммерческих условий, предложенных французской стороной, нежели явными преимуществами обещанных тактико-технических элементов корвета пр. GOWIND 2500 по сравнению с остальными кораблями-участниками завершающего этапа тендера. Тем не менее предпочтения, отданные зарубежным проектам кораблей сначала Алжиром, где «Рособоронэкспорт» и потенциальными российскими исполнителями работа велась в течение весьма длительного времени, а затем и Египтом, заставляют задуматься о причинах наших неудач.

Контракт на поставку четырех кораблей (строительство головного во Франции со сдачей в 2017 г. и трех серийных – в Александрии) с опционом еще на два, шесть аналогичных кораблей для Малайзии – это серьезный успех Франции. Возвращение «DCNS» на международный рынок боевых надводных кораблей размерений корвета после более чем двадцатилетнего отсутствия может означать потерю позиций экспортных модификаций российских корветов в этом регионе, поскольку концерн «Damen» успешно занимает ниши практически во всех других.

Достиженные результаты позволили отечественным судостроителям выйти на европейский рынок, обеспечить строительство судов типа река-море отвечающим требованиям европейских стандартов.

Таким образом, работа в условиях конкуренции способствовала созданию отечественных судов смешанного река-море плавания повышенной провозной способности. Дедвейт сухогрузных судов вырос, по сравнению с судами более ранней постройки более чем на 1000 т, а танкеров – более чем на 2000 т.

Безусловно, это создает преимущество отечественным судостроительным компаниям при работе в условиях конкуренции с западными судостроительными компаниями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Н.А. Российский Речной Регистр и безопасность судоходства. – М.: Изд-во «По Волге», 2007.
2. Техничко-эксплуатационные характеристики морских судов / ЦНИИМФ. – Т. 2.: Ведущие пароходства – операторы судов смешанного река-море плавания. – СПб., 2013.
3. Юбилейный выпуск к 80-летию пароходства / Северо-Западное пароходство. – СПб., 2003.
4. Березин В.Ф., Аристов Л. Ю. и др. Московское речное пароходство к 140-летию, М., 1998.
5. Зуев В.А., Рабатов Ю.И. Основные направления по повышению технического уровня и конкурентоспособности судов смешанного река-море плавания». – Н.Новгород. – Изд. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. ■

## КОРВЕТ ПРОЕКТА GOWIND 2500 ВМС ЕГИПТА

Д.Ю. Литинский, вед. инженер АО ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 369 5598



Начало строительства головного корвета пр. GOWIND 2500 для ВМС Египта

Изучение опыта и оценка технического уровня зарубежного военного кораблестроения, чему сейчас, к сожалению, уделяется очень мало внимания, должно помочь избежать повторения ошибок, допускаемых в политике ВТС в сегменте средних надводных кораблей на протяжении уже многих лет. Их перечисление и анализ – тема другой статьи, эта же посвящена описанию технического облика будущего египетского корвета французского происхождения.

ВМС Арабской Республики Египет, до 1978 г. состоявшие преимущественно из надводных кораблей, боевых катеров и подводных лодок советской постройки, почти три десятилетия находились в полной зависимости от американцев, которые с 1989 г. ассигновывали на программы военной помощи Каиру ежегодно 1,3 млрд. долл. По программе Foreign Military

Sales египетский флот с 1994 г. получил от США два фрегата типа «Кнох»\* и три типа «Регу» (за эти три корабля Каир «заплатил» 165,6 млн. долл.\*\*), заключив с американскими компаниями соответствующие контракты на техническое обслуживание и снабжение кораблей, на что до 2003 г. было затрачено 279 млн. долл. [1]. В сентябре 1998 г. под обязательство обеспечить дополнительную охрану подходов к Суэцкому каналу ВМС Египта получили еще один корабль (F906 «Toushka» – FFG-23 «Lewis B. Puller»).

Когда в феврале 2003 г. командование морских систем ВМС США (NAVSEA) сообщило Конгрессу о расходовании на переданные Египту корабли еще 132 млн. долл., разгорелся коррупционный скандал\*\*\*.

Если сложности эксплуатации разнотипных кораблей second hand с тремя типами ГЭУ при наличии технической поддержки от бывших их хозяев\*\*\*\* можно было переносить, то стремительное изменение международной обстановки и появление у ближайших соседей самых современных кораблей потребовали немедленного реагирования. Франция, обладающая с точки зрения торговли оружием традиционно сильными позициями в регионе, предприняла ряд энергичных шагов, среди которых было предложение новейшего фрегата из состава своего флота, а решающим фактором стало комплексное предложение контрактов на поставку ВиВТ с очень заманчивыми ценовыми параметрами. А за этим последовали русские «мистралы»...

Разработанные египетскими ВМС тактико-технические требования к кораблю сводились главным образом для решения задач противолодочной обороны (кроме того, оговаривалась возможность борьбы с минами), что определило выбор не только вооружения, но и ГЭУ, оптимизированной для движения малошумным ходом. И здесь французское предложение оказалось наиболее заманчивым.

Семейство корветов GOWIND Франция продвигает на международный рынок с 2006 г., т.е. начали они этот процесс позже, чем «Рособоронэкспорт» с «Тигром». Двумя годами раньше появились надежды на новых покупателей. Болгарии, принятой в НАТО в 2004 г. и связанной обязательствами перед блоком – настоятельно рекомендовали закупку новых боевых кораблей\*\*\*\*, и оборонное ведомство страны объявило международный тендер. В конце мая следующего года был объявлен победитель – компания «Armaris» (совместное предприятие «DCN» и «Thales»). Проект контракта предусматривал весьма выгодную офсетную программу с инвестициями, передачей технологий и обучением болгарских специалистов, однако французы никогда не продают свою продукцию дешево: стоимость корвета водоизмещением 2000 т заявлялась 380 млн. долл. В октябре 2006 г. состоялся визит в Софию президента Франции Н. Саркози, поднявший статус будущей сделки. Понимая, что денег в болгарской казне не хватает, «Armaris» даже пошел на 13%-ную скидку [2]. Но тут дорогу перебежали партнеры по НАТО, использовавшие новообращенных в качестве покупателей своего устаревшего вооружения. Бельгия предложила еще два выведенных из боевого состава фрегата,

\* F961 «Damyat» (бывш. FF-1089 «Jesse L. Brown») и F966 «Rasheed» (FF-1097 «Moinester») официально были переданы в аренду ВМС Египта в июле 1994 г.

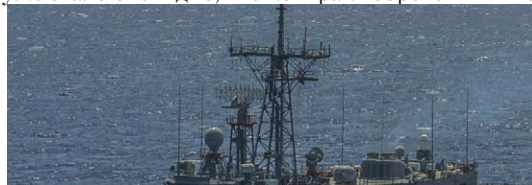
\*\* F901 «Sharm-el-Sheik» – бывш. FFG-22 «Fahrion», F911 «Mubarak» (с 2011 г. – «Alexandria») – FFG-25 «Copeland», F916 «Taba» – FFG-26 «Gallery».

\*\*\* После проведения аудита была опубликована информация о целевом расходовании средств NAVSEA: около 650 млн. долл. в 1999 г. потрачено якобы на ремонт президентской яхты «El Noctua» постройки позапрошлого века, которая числилась в составе ВМС Египта.

\*\*\*\* За время эксплуатации ВМС Египта фрегатов типа «Кнох» неоднократно сообщалось о постоянных проблемах с обслуживанием и ремонтом высоконапорных автоматизированных паровых котлов.

\*\*\*\*\* В феврале 2004 г. Болгария приобрела выведенный из состава ВМС Бельгии фрегат «Wanderlaag» пр. E-71 постройки 1978 г., который после ремонта вступил в состав ее ВМС под наименованием «Drazky».

«Westdier» и «Wielingen», по цене около 30 млн. долл., что вполне устроило болгарских моряков, удовлетворенных ранее купленным кораблем. В конце 2007 г. представители «Armaris» заявляли, что приобретение Болгарией second hand кораблей не означает отказ от строительства двух новых корветов, однако уже стало очевидно, что контракт обречен\*\*\*\*\*.



Проектное изображение корвета GOWIND Combat

С этим проектом «DCNS», давно осознавшая бесперспективность политики продаж home made кораблей и сконцентрировавшаяся на масштабных проектах с передачей технологий, достигла успеха в Малайзии. Остальное было «делом техники».

Как заявляют разработчики, в пр. GOWIND 2500 используются многие технические решения, предложенные и апробированные в пр. FREMM. Попытаемся детальнее разобраться, что придаст будущему кораблю конкурентные преимущества.



Проектное изображение корвета GOWIND 2500

**Основные тактико-технические элементы корвета**

Главные размеры, м:	
– длина наиб./по КВЛ.....	103,0/96,0
– ширина наиб./ по КВЛ.....	16,0/13,75
– осадка по корпусу/ габаритная.....	3,85/5,40
Водоизмещение, т:	
– порожнем.....	2235
– полное.....	2580
Запасы, т:	
– дизельное топливо.....	223,5
– авиационное топливо.....	13,2
– пресная вода.....	30,5
– жидкие грузы.....	10,1
– смазочное масло.....	3,6
Скорость полного/эконом. хода, уз.....	25,2/15
Дальность плавания эконом. ходом, миль.....	4000
Автономность, сут.....	21
Экипаж, чел.....	65
Кол-во мест.....	80

Эскизный проект выполнен в соответствии с правилами классификации боевых кораблей Bureau Veritas (BN/NR483) и стандартами ВМС Франции. Корпус корабля – стальной цельносварной конструкции, основные связи спроектированы из стали повышенной прочности (категории DH36 или эквивалентной, предел текучести ~355 мПа), для неотчетственных конструкций применена судостроительная сталь категории А.

\*\*\*\*\* Чтобы пережить трудные времена, французы развернули рекламную кампанию 1000-тонного экспортного патрульного корабля, прекрасно понимая, что, не имея «живого», покупателя они не найдут. Поэтому, построив «GOWIND OPV» без стороннего финансирования, «DCNS» в октябре 2011 г. передала его в аренду под наименованием «L'Adroit» ВМС Франции.



Корпус корабля разделен главными водонепроницаемыми переборками, доведенными до верхней палубы, на 11 отсеков. Непотопляемость и аварийная остойчивость поврежденного корабля обеспечиваются при полном затоплении трех смежных главных отсеков при боковом ветре 30 уз.

Внутренний объем корабля разделен на функциональные зоны. В средней части корпуса находятся отсеки с наиболее шумными механизмами (МО, энергетические отсеки с постами управления), жилые отсеки сосредоточены в районе в нос от миделя на верхней палубе и платформе, т.е. там, где уровень шумов минимален. Поблизости от жилых кают расположены столовая и провизионные кладовые, санитарные помещения. Такая компоновка сокращает до минимума необходимые ежедневные перемещения личного состава между местами отдыха и рекреации и боевыми постами.

Пожаровзрывозащищенность корабля обеспечивается разделением внутреннего объема корпуса и надстройки на три главные вертикальные зоны, имеющие независимые вентиляцию и электроснабжение. Системы предотвращения, обнаружения и борьбы с пожарами, а также противопожарная изоляция палуб и переборок выполнены в соответствии с требованиями и правилами Bureau Veritas для боевых кораблей.



**Функциональные зоны корвета GOWIND 2500**

Посты энергетики и живучести расположены перед ходовым мостиком (главный) и в районе МО (резервный).

Меры, предпринятые для снижения заметности корабля в радиолокационном диапазоне: плоские и наклонные наружные поверхности надводной части корпуса и надстройки, всемерное уменьшение двухсторонних и трехсторонних сопряжений и наклон цилиндрических поверхностей, одна мачта для во избежание многократного отражения, маскировка фальшбортом выступающих палубных конструкций, размещение бортовых плавсредств в закрытых специальными экранами нишах, особая конструкция вентиляционных жалюзи.

В целом архитектурные решения соответствуют принятым для большинства проектов корветов в настоящее время: интегрированная надстройка с размещением ПУ ПКР для стрельбы по траверзу, одна интегрированная башенно-мачтовая конструкция, максимально «зализанный» бак с исключением передвижений личного состава. Опубликованные проектные изображения GOWIND 2500 отличаются в деталях (в частности, наличием или отсутствием рецессов и фальшбортов на баке и волнолома перед АУ), что свидетельствует о продолжающемся процессе согласования требований заказчика.

Для уменьшения заметности в инфракрасном диапазоне использованы адаптивная теплоизоляция районов повышенного теплоизлучения, маскировка и разнесение приемных и выхлопных воздушных трактов, специальные покрытия с низким коэффициентом излучения.

Малая акустическая заметность достигается специальными мероприятиями по снижению радиационного шума – амортизированные фундаменты для главных и вспомогательных механизмов, особое внимание уделено проектированию и монтажу трубопроводов общекорабельных систем. Для уменьшения уровня воздушного шума также используются амортизирующие фундаменты механизмов, звукоизоляция

переборок, ограничение скорости потока в вентиляционных трактах и установка глушителей на выхлопных трактах. Уровень вибрации оборудования, устанавливаемого по требованию заказчика, лимитирован нормами Bureau Veritas для боевых кораблей.

Носовые обводы подводной части корпуса корвета с развитым бульбом, значительно выступающим за носовой перпендикуляр, способствуют снижению килевой качки на волнении 4–5 баллов. Кормовой skeg улучшает устойчивость на курсе. Для умерения бортовой качки корабль оборудован двумя парами бортовых килей и двумя неубирающимися бортовыми управляемыми рулями площадью по 2,5 м<sup>2</sup>. Взлетно-посадочные операции 10-тонного вертолета (с использованием системы MANTIS) возможны на волнении 4–5 баллов при ходе корабля от 12 до 18 уз, жестко-наддувной шлюпки с использованием специального спускоподъемного устройства – на волнении 4 балла при уменьшенной скорости хода.

Управляемость достигается применением двух балансирных рулей площадью по 5 м<sup>2</sup>, расчетный диаметр циркуляции на полном ходу составляет 500 м.

Главная энергетическая установка корвета выполнена по схеме CODLAD (combined diesel electric and diesel) и состоит из установленных в одном отсеке двух главных дизелей MAN 20V28/33 суммарной мощностью 10 МВт, двух главных редукторов, расположенных в смежном отсеке, двух подключенных к редукторам гребных электродвигателей (ГЭД) мощностью по 250 кВт и двух валовых линий с ВРШ.

Дизели общей массой 50 т с ресурсом 32 тыс. ч имеют удельный расход топлива 192 г/кВт·ч. На корабле предусмотрены три дизель-генератора мощностью по 470 кВт (440 В, 60 Гц), размещенные в МО, и один аварийный ДГ, установленный в отдельном помещении в надстройке на верхней палубе.

В режиме малозумного хода (5–8 уз) главные дизели не используются – работают два главных дизель-генератора и оба ГЭД. На ходах от 8 до 24 уз работает один или оба главных дизеля и оба генератора, оба ГЭД отключены. В режиме наибольшего хода к работе подключаются два ГЭД, что обеспечивает скорость 25,2 уз.

Топливная система объединяет четыре основных и две расходные цистерны ГД и ДГ, а также цистерну аварийного генератора и сливную, общей вместимостью 250 м<sup>3</sup>. Авиационное топливо (NATO F-44 с минимальной температурой вспышки +60 °С) хранится в отдельной цистерне объемом 16 м<sup>3</sup>.

Система водяного пожаротушения с трубопроводами DN 125 рассчитана на ликвидацию пожаров в вертолетном ангаре, погребе авиационного боезапаса и отсеке главных дизелей и работает от одного насоса производительностью 200 м<sup>3</sup>/ч. Повседневную циркуляцию обеспечивает насос производительностью 30 м<sup>3</sup>/ч. Водоотливная система имеет два эжектора производительностью 65 м<sup>3</sup>/ч и два переносных эжектора, а также расположенный в форпике эжектор (5 м<sup>3</sup>/ч). Система пресной воды спроектирована из расчета обеспечения 80 человек с расходом 150 л/чел·сут. Производительность опреснительной установки – 15 т/сут. Вместимость цистерн пресной воды – 30,5 м<sup>3</sup>. Цистерна льяльных вод имеет вместимость 40 м<sup>3</sup>.

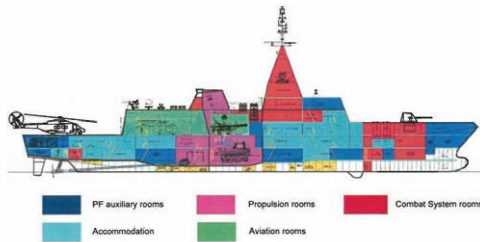
Боевые средства корабля объединены в комплекс в составе следующих подсистем:

- автоматизированная система боевого управления SETIS-C;
- подсистема обнаружения воздушных целей – трехкоординатная РЛС с функцией опознавания государственной принадлежности;
- подсистема радиоэлектронной борьбы в составе комплекса РТР, универсального комплекса постановки ложных целей и комплекса радиоэлектронного подавления;
- подсистема ПВО;
- подсистема ПЛО;
- артиллерийская подсистема;
- подсистема связи.



**Боевые средства корвета**

АСБУ SETIS-C – это упрощенная («корветная») версия системы SETIS (Ship Enhanced Tactical Information System), разработанной для фрегатов семейства FREMM. В поставку входят семь многофункциональных консолей операторов.



**Консоль оператора АСБУ SETIS на фрегате FREMM**

Подсистема наблюдения и обнаружения целей в верхней полусфере предлагается «DCNS» в двух вариантах: с новой трехкоординатной РЛС Thales NS100, обладающей повышенной устойчивостью к воздействию средств РЭБ, и со станцией Smart-S Mk2.

NS100 на момент проведения тендера на поставку корветов ВМС Египта существовала лишь в опытном образце, который в 2014 г. установили для морских испытаний на десантном корабле-доке «Rotterdam», первое серийное изделие прошло заводские испытания в августе 2015 г. и будет установлено на головном корвете (Littoral Mission Vessel) «Independence» ВМС Сингапура.



**Опытный образец трехкоординатной РЛС Thales NS100**

По заявлениям разработчика, NS100 имеет инструментальную дальность обнаружения 200 км и способна отслеживать большее количество воздушных и надводных целей – до 750 км.

В качестве основной инновационной составляющей будущих египетских корветов «DCNS» начала продвигать очередной «модуль» – Panoramic Sensor Intelligence Module (PSIM). Это изготавливаемая отдельно и независимо от строительства корабля металлическая конструкция с двумя ярусами помещений, «вставляемая» в надстройку, с радиопрозрачным усеченным конусом, в котором устанавливается трехкоординатная РЛС с панорамным обзором. Сверху все сооружение увенчано башенной мачтой из алюминиевого сплава. На нижнем ярусе «модуля» (палуба бака) располагается боевой информацион-

ный центр, над ним – помещения ВЧ-блоков РЛС, приемно-передающий радиоцентр и помещение криптоаппаратуры.



**Компоновка PSIM и его установка на корабле**



**Так иллюстрируется возможность функционирования PSIM независимо от корабля**

Повторяя довольно спорную идею «Thales Netherlands» продажи в комплекте и без того дорогостоящих ингредиентов системы наблюдения за воздушной и надводной обстановкой и применяя гениальный рекламный ход с I-mast (plug and play), «DCNS» достигла большого успеха, фактически уже продав свой 100-тонный «модуль» на экспорт. Голландцам это пока не удалось.

Но при ближайшем рассмотрении запатентованная более десяти лет тому назад концепция интегрированной мачты, если абстрагироваться от стоимости товара, вызывает некоторые сомнения.

Во-первых, главное декларированное преимущество – круговой обзор. Конструктивное оформление пластикового конуса как опоры для мачты с развитыми антенными постами средств РЭБ исключает возможность отсутствия несущих элементов, которые деликатно не показываются на рекламных картинках, но отчетливо изображены на эскизах патента 2004 г. на интегрированную мачту. Значит, будут существовать хоть и узкие, но секторы «тени». Довольно сложным представляется и обеспечение достаточной прочности и жесткости этой конструкции на качке и при воздействии воздушной ударной волны.

Во-вторых, высота расположения РЛС на водной поверхности, а значит, и ее радиогоризонт при такой компоновке интегрированной башенно-мачтовой конструкции оказываются значительно меньше, чем при традиционном расположении обзорной РЛС. Можно вспомнить и об ограниченном конструкцией обзоре в зените. Но это уже на совести тех, кто определял границы возможностей системы ПВО корабля, поскольку основным его назначением является борьба с подводными лодками, египетские моряки, вероятно, не посчитали необходимым выставлять жесткие требования в части противодействия угрозе с воздуха.

Несмотря на то, что в начальных тактико-технических требованиях перед проведением международного тендера заказчик потребовал дальность действия системы ПВО не менее





**Структурная схема ЗРК MBDA VL MICA**

36 км, что должно было давать потенциальные преимущества перспективным российским предложениям, во французском проекте был принят ЗРК самообороны MBDA VL MICA с максимальной наклонной дальностью около 15 км.

Мотивами для такого выбора следует считать скорее сравнительно малую стоимость и, как следствие, распространение комплекса VL MICA на новых кораблях размерности корвета, чем его выдающиеся возможности. Главное – хорошо отработанная и надежная ЗУР в качестве основы и проверенная возможность работы с корабельными РЛС. В очередной раз подтверждается важнейшее значение взвешенного предложения только проверенной и надежной системы ПВО корабля для успеха его продвижения на мировом рынке.

В состав подсистемы РЭБ корвета входит станция РТР «Thales Vigile LW», работающая в диапазоне от 2 до 18 ГГц и способная отслеживать до 200 целей. Шесть антенных постов находятся на топе мачты, обеспечивая круговой обзор по горизонту и от +30 до –15° по вертикали.

В каждой из двух 19-ствольных ПУ комплекса пассивных помех Lacroix «Sylene» могут находиться в готовности к пуску 12 противорадиолокационных, шесть тепловых и три противоторпедных снаряда.

Артиллерийская подсистема корвета состоит из 76,2-мм универсальной автоматической установки ОТО Melara модификации SRMF (Super Rapid Multi Feeding), двух дистанционно управляемых 20-мм АУ и электронно-оптической системы управления стрельбой Rheinmetall TMEO.



**Антенный пост электронно-оптической системы управления стрельбой артиллерии Rheinmetall TMEO Mk2**

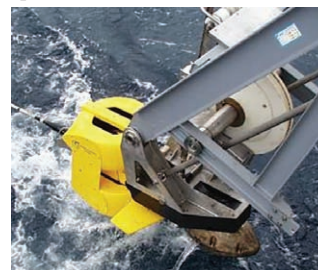


**20-мм дистанционно управляемая артиллерийская установка Reutech Sea-Rouge**

Четко сформулированное требование ВМС Египта вооружить новые корветы дистанционно управляемыми системами для борьбы с надводными целями – подтверждение уже свершившегося повсеместного отказа от малокалиберной артиллерии с ручным наведением в качестве основного режима использования. В своем отечестве мы с удивитель-

ным упорством продолжаем игнорировать это направление развития морского оружия, до сих пор не приняв на вооружение ни одного подобного комплекса. Видимо, до тех пор, пока огромный расход 30-мм боезапаса АК-630 и АК-306 для поражения надводных целей не будет окончательно признан неприемлемым. За неимением лучшего, мы продолжаем предлагать в экспортных проектах и устанавливаем на свои корабли крупнокалиберные пулеметы, да еще на открытых мостиках, без всякой защиты для комендора...

Контракт на поставку «DCNS» четырех 76,2-мм АУ уже заключен. Французы предложили южноафриканского поставщика – компанию «Reutech» с системой «Sea-Rouge». Окончательный выбор модели АУ пока не подтвержден.



**Буксируемое тело БГАС «CAPTAS-2» на СПУ**

Согласно первоначальным ТТТ, египетский корвет должен был оснащаться буксируемой низкочастотной ГАС с рабочей глубиной до 300 м, необходимость покильной станции не оговаривалась. Тем не менее французы предложили БГАС «CAPTAS 2» в комплекте со среднечастотной «Kingclip», от которого ранее отказались для своих корветов ВМС Малайзии.

Аргументом для египтян в пользу подкильной станции, скорее всего, послужила возможность обзора носовых курсовых углов, что немаловажно для выполнения функций ПМО, а также наличие подкильных ГАС на корветах «Sigma» ВМС Марокко. Вместе со спускоподъемным устройством «CAPTAS 2» требует для размещения объем 6,26×3,15×2,1 м<sup>3</sup> и весит 16 т.

ТТТ ВМС Египта к корвету констатировали, что основным и единственным средством поражения подводных лодок являются малогабаритные противолодочные торпеды, требования к их ТТХ не конкретизировались. Имея на вооружении универсальные по носителям 324-мм торпеды Honeywell Mk46 и противолодочные вертолеты Kamon «Super Seaspright»\*, египетские моряки могут себе позволить такую вольность.

В зарубежных флотах практически повсеместно приняты на вооружение малогабаритные противолодочные торпеды, единые для применения как из корабельных ТА или пусковых контейнеров, так и с противолодочных вертолетов. Тех-

\* Десять вертолетов модификации FH-2F из состава авиации ВМС США перед передачей, состоявшейся в сентябре 1998 г., прошли модернизацию с заменой двигателей и БРЭО (РЛС AN/LN66/HP, ОГАС AN/AQS-18A, комплексы РЭБ AN/ALR-66 и AN/ALE-39). Сообщалось также о возможном оснащении их электронно-оптической системой обнаружения мин.



**Приемозлучатель подкильной ГАС «Kingklip» компании Thales**

ническое решение разместить торпедные трубы под острым углом к ДП в надстройке в закрытом помещении, впервые примененное американцами еще в конце 60-х гг. на фрегатах типа «Кноп», значительно облегчает размещение увеличенного торпедного боезапаса, позволяя механизировать и сделать независимым от погодных условий процесс перезарядки, автоматизировать ввод в торпеду данных для стрельбы.

Наши же корабли, имевшие штатный противолодочный вертолет, продолжали вооружать 533-мм торпедами и палубными наводящимися (поворотными) аппаратами, а для Ка-27 с его индивидуальным боезапасом приходилось делать отдельный погреб. Увлечшись тяжелыми противолодочными торпедами, от которых Запад на надводных кораблях давно отказался, мы стали заложниками «национального пути» развития противолодочных вертолетов – с безальтернативным Ка-27 с его соосной схемой несущих винтов и концепцией размещения вооружения во внутреннем отсеке фюзеляжа. Отсутствие в обозримой перспективе какой-либо замены Ка-27, с одной стороны, и «взаимовыгодная» техническая политика заказывающих органов ВМФ и разработчиков авиационного противолодочного вооружения пресекли все попытки принять на вооружение нашего флота единую малогабаритную противолодочную торпеду, что, естественно, исключало возможность разработки и предложения таковой на экспорт в системе корабельного вооружения. В начале 90-х гг. ЦНИИ «Гидроприбор» разрабатывалась универсальная по носителям 324-мм торпеда МПТ-1УМЭ (в том числе как боевая часть ПЛРК), однако на экспорт ее не предлагали, поскольку самостоятельно она не выдерживала конкуренции, а на борт Ка-27 «не пускали» УМГТ-1 «Орлан» и АПР-2 «Ястреб-М».

Как и находящиеся в строю египетские фрегаты типа «Perry» и новейший FREMM «Tahya Misr», «GOWIND 2500» будет вооружен 324-мм электрическими противолодочными торпедами MU90 «Impact» производства концерна «Eurotorp». Обладающая весьма высокими ТТХ MU90 с 1997 г. принята на вооружение флотов Франции, Италии, Германии, Дании, Польши, Австралии и претендует на роль единой торпеды во флотах государств-членов НАТО.

Две двухтрубные пусковые установки для стрельбы по траверзу будут размещены побортно в районе вертолетного ангара. В состав системы входят два блока управления торпедной стрельбой (Torpedo Interface Unit), два устройства ввода данных для стрельбы (одно стационарное и одно переносное) и два воздушных компрессора. Управление торпедной стрельбой возможно как в централизованном режиме из боевого информационного центра, так и местно.

Две жестко-надувные моторные шлюпки длиной 6,5 м размещены в бортовых нишах на палубе 01. На спуско-подъемном устройстве оборудованы необходимые для эксплуатации шлюпок средства подачи воздуха низкого давления, пресной воды и электроэнергии для зарядки аккумуляторных батарей. Для предотвращения отражения радиолокационных импульсов бортовые ниши закрываются специальным гибким экраном.

Корабль имеет два станových якоря повышенной держащей силы и брашпиль. На квартердеке установлены два швартовых шпиля.



**324-мм универсальная по носителям электрическая противолодочная торпеда Eurotorp MU90 «Impact» в авиационном (вверху) и корабельном (внизу) исполнении**



**Пусковые установки WASS B-515 для торпед MU90**

Пост приема жидких грузов траверсным способом оборудован на крыше вертолетного ангара в нише кожуха дымовой трубы.

Жилые и общественные помещения на французском корвете будут отвечать требованиям военного стандарта ANEP 24. Командир корабля размещается в блок-каюте, для офицеров предусматривается пять одноместных и семь двухместных кают, для мичманов – две двухместные, унтер-офицеры размещаются в пяти четырехместных каютах. Все перечисленные каюты имеют свой санитарный блок. Для штатного рядового состава предназначены два 12-местных кубрика с расположенными поблизости санитарными помещениями. Кроме того, на корабле оборудуется помещение для постоянного размещения 12 чел., кают-компания офицеров, столовая на 36 посадочных мест, помещение рекреации для унтер-офицеров и матросов, корабельный офис, каюта для проведения совещаний на 12 мест. Медицинский блок размещен на верхней палубе с обеспечением легкого доступа из вертолетного ангара и шлюпочной палубы. Имеется оборудованная прачечная.

Более полная картина как преимуществ, так и возможных недостатков нового французского корвета будет складываться после изучения особенностей остальных участников международного тендера 2014 г.

## ИСТОЧНИКИ

1. U.S. Department of Defense. Office of the Inspector General. Allegations Concerning the Egyptian Navy Frigate Program (D2003-108). 27.06.2003.
2. Dunnigan J. Desperate France Is Giving Them Away. Strategypage.com. 10.09.2010.
3. La nouvelle GOWIND Combat de DCNS. Meretmarine.com. 25.10.2012.
4. L'Egypte, nouveau client potentiel pour la corvette GOWIND. Meretmarine.com. 11.03.2014.
5. Mackenzie C. Egypt buys four GOWIND corvettes. Aviationweek.com. 06.06.2014
6. Briganti G. DCNS Confirms Sale of 10 GOWIND Corvettes. Defense-Aerospace.com. 31.10.2014.
7. Egypt Becomes 2nd Customer for GOWIND Corvettes. Defenseindustrydaily.com. 11.11.2014
8. DCNS: Lorient va construire une corvette GOWIND pour l'Egypte. Meretmarine.com. 04.06.2014.
9. DCNS lance la construction de la première corvette GOWIND 2500 pour la Marine égyptienne. – Пресс-релиз от 15.04.2015.
10. DCNS: présentation de la corvette GOWIND 2500. Defense-etechnologies.com. 03.05.2015.
11. Bareira V. New «DCNS» integrated mast system for Egyptian combat corvettes. Defenceiq.com. 10.08.2015. ■



**В** 2008 и 2009 гг. вошли в состав действующего флота дизель-электрические ледоколы «Москва» и «Санкт-Петербург» проекта 21900. Они интересны уже тем, что в нашей стране ледоколы универсального назначения такой мощности с винто-рулевыми колонками (ВРК) вообще не строились.

Основные характеристики действующего ледокольного отечественного флота (не атомного) представлены в таблице.

## ВОЗРОЖДЕНИЕ НЕАТОМНОГО ЛЕДОКОЛОСТРОЕНИЯ РОССИИ

### ЧАСТЬ 1

**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

Таблица

Основные характеристики отечественных линейных и портовых ледоколов

Характеристика	Арктические ледоколы			Ледоколы портовые и для замерзающих морей			
	«Москва»	«Ермак»	«Капитан Сорокин»	«Капитан Белоусов»	«Василий Прончищев»	«Капитан Измайлов»	«Мудьюг»
Страна-строитель	Финляндия	Финляндия	Финляндия	Финляндия	СССР	Финляндия	Финляндия
Годы постройки	1960–1969	1974–1976	1977–1981	1954–1956	1962–1971	1976	1982–1983
Кол-во в серии	5	3	4	3	14	3	3
Основной район эксплуатации	Арктика	Арктика	Устье р. Енисей и мелководные районы Арктики	Балтийское и Белое моря	Порты и подходы к ним	Каспийское, Черное и Азовское моря	Порты и подходы к ним
Длина, м: наиб. по КВЛ	122,1 112,4	135,0 130,0	129,4/135,5/141,4 121,3/125,8/130,2	83,2 77,5	67,7 62,0	56,5 52,2	88,6/111,4 78,5/89,8
Ширина, м: наиб. по КВЛ	24,5 23,5	26,0 25,6	26,5/26,5/30,5 25,6	19,4 18,7	18,1 17,5	16,0 15,6	21,2/22,2 20
Высота борта, м	14,0	16,7	12,3	9,5	8,3	6,0	10,5
Осадка по КВЛ, м	9,5	11,0	8,5	6,2	6,2	4,2	6,0
Водоизмещение по КВЛ, т	13290	20240	14900/16020/17270	4500	3100	2050	5560/6880
Тип ЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДЭУ	ДРУ
Тип главных двигателей	СОД	СОД	СОД	СОД	СОД	СОД	СОД
Число и мощность ГД, кВт	8x2390	9x3380	6x3050	6x1470	3x1320	4x985	4x2390
Мощность на валах, кВт	16200	26500	16200	7700	3450	2500	7000
Кол-во и тип гребных винтов	3 ВФШ	3 ВФШ	3 ВФШ	4 ВФШ	3 ВФШ	2 ВФШ	2 ВРШ
Распределение мощности по валам (кормовым+носовым)	1:2:1	1:1:1	1:1:1	1:1+0,5:0,5	1:1+0,7	1:1	1:1
Скорость на чистой воде, уз	18,3	19,5	19,0/18,7/18,0	16,5	14,5	14,0	16,5/16,1
Ледопробитость, м	1,45	1,8	1,3/1,8/1,9	1,0	0,7	0,6	0,95/1,5
Автономность по запасам топлива, сут.	38	28	28	28	17	15	30
Численность экипажа, чел.	85	91	83	85	39	24	32

«Балтийский завод» выиграл тендер на строительство этих ледоколов для ФГУП «Росморпорт» у известных финских судостроительных компаний «Aker Finnyards» и «Kvarner Masa-Yards».



Ледокол «Москва»

При подготовке к тендеру два директора – О. Б. Шуляковский («Балтийский завод») и В. М. Пашин (ЦНИИ им. акад.

А. Н. Крылова) – подписали соглашение о том, что институт обеспечит благодаря своему опыту и включению в его состав ЦКБ «Балтсудопроект» высокий уровень разработки технического и рабочего проекта нового ледокола.



Главный строитель завода В. А. Долгушин (слева) и главный конструктор неатомного ледокола «Москва» А. Ф. Судеревский (справа)

Процедура подписания государственного контракта прошла в рабочем порядке на ОАО «Балтийский завод» 21 октября 2004 г. и уже 17 марта 2005 г. началась плановая резка металла. В целях сокращения сроков создания судов «Балтийский завод» разрабатывал проектную документацию совместно с ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, ЦКБ «Балтсудопроект» и ОАО «ЭРА-Проект».



**Спуск ледокола «Москва»**

Закладка корпуса судна на стапеле завода состоялась 19 мая 2005 г., а торжественный спуск ледокола – в мае 2006 г.



*У закладной секции ледокола «Москва». Слева направо: главный строитель К.А Мядзюта, начальник отделения ЦНИИ им.акад. А.Н. Крылова О.П Орлов, начальник ЦКБ «Балтсудопроект» В.Н. Киреев, главный конструктор проекта ЦТПС «Балтийского завода» А.Ф. Судеревский, зам. нач. отделения ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова Ю.А. Симонов, ведущий специалист ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова В.И Шлячков, зам. нач. отделения ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова Р.А. Аллик, главный конструктор проекта ЦКБ «Балтсудопроект» В.А. Мацкевич*

С 28 октября по 11 ноября 2008 г. в Балтийском море были успешно проведены ходовые испытания головного ледокола «Москва».

Надо отметить, что стоимость контракта была прописана в долларах США, что ухудшило ситуацию с оплатой работ завода – за период строительства рубль усилился на 15%.

Боком при строительстве судов вышла помощь ООН развивающимся странам, которая в рамках своей программы организовала поставку пакета основного оборудования главных дизель-генераторов, электродвигателей и азимутальных ВРК. В результате длительной и неподконтрольной заводу процедуры согласования и осуществления поставок были нарушены сроки сдачи работ заказчику, утвержденные первоначальным календарным планом.

Необходимо принять во внимание, что в Финляндии в 90-е гг. прошлого века были построены два многоцелевых ледокола «Fennica» и «Nordica» с расширенными функциями использования.

Оригинальная форма корпуса этих судов обеспечила действительно впечатляющие характеристики, помогающие им выполнять разные задачи. Эти суда способны поддержи-

а)



б)



**Компоненты ВРШ фирмы «Steerprop», Финляндия (а) и лопасти гребных винтов (б) на территории «Балтийского завода» ждут разрешения на монтаж**



**Монтаж части ВРК фирмы «Steerprop», Финляндия**



**Ледокол «Nordica», Финляндия**

вать постоянный ход во льду толщиной 1,8 м, при этом на заднем ходу ледокольные свойства также великолепны. Вместе с тем корпус судна спроектирован так, что оно имеет хорошие мореходные качества и на открытой воде. Также заслуживает внимания и эргономично проработанная форма рулевой рубки как с точки зрения управления судном, так и обеспечения кругового обзора из нее.

Винторулевые колонки мощностью 8 МВт каждая, разворачиваемые на 360°, были спроектированы и изготовлены дочерней компанией «Finnyards» – фирмой «Аквастер Раума». Вместе с тремя носовыми подруливающими устройствами ВРК типа «Аквастер» они обеспечивают судну фактически неограниченную маневренность. При необходимости судно может поворачиваться в одной точке во всех предусмотренных проектом рабочих ледовых условиях, включая торосистый лед. Путем направления попутного потока от гребного винта судно может очистить ото льда канал шириной в три раза больше собственной ширины.



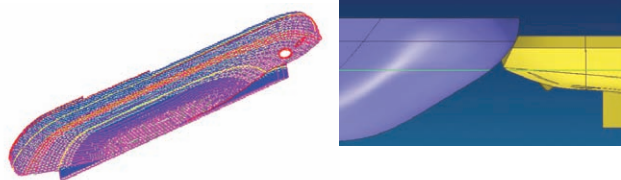
Мореходные качества ледоколов в чистой воде считаются обычно довольно низкими, поскольку проектируются только для выполнения одной главной функции – проламывания льда и облегчения плавания торгового флота в зимнее время. Первые в мире многоцелевые ледоколы, построенные фирмой «Finnyards», полностью перевернули такое представление о судах данного класса, расширив сферу их применения вне зимнего периода и, таким образом, увеличив доходы от их эксплуатации. Впервые в истории судостроения большая ледопродоходимость и отличные мореходные качества на свободной воде были объединены в одном судне.

Эти многоцелевые ледоколы эксплуатируются мореходным Управлением Финляндии в финских морях в зимнее время как ледоколы, а на летнее время они сдаются в аренду норвежской фирме «Угланд Оффшор А/С» для работы в качестве судов снабжения у месторождений нефти в Северном море, а также в Мексиканском заливе.

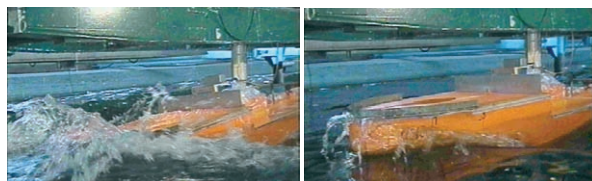
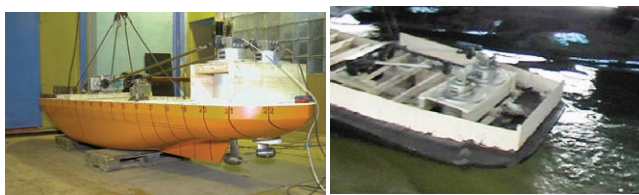
Тем не менее, как показывает сравнение характеристик ледоколов «Москва» и «Санкт-Петербург» и финских ледоколов «Fennica» и «Nordica», отечественные суда превосходят их по мореходным качествам и мощности на винтах.

ОАО «Балтийский завод» как главный строитель судна организационно осуществляло интегрирующие функции в ходе работ над проектной документацией, при этом выполнив необходимый объем рабочей, сдаточной и эксплуатационной документации.

а)

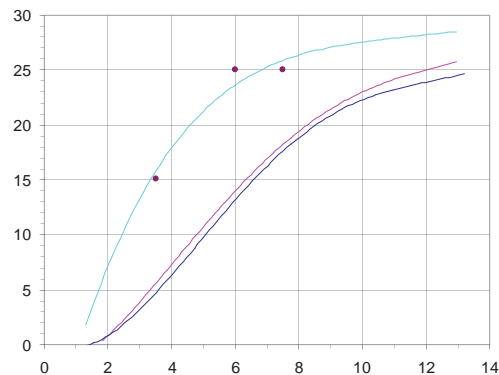


**3D модель формы корпуса ледокола (а) и формы кормовой оконечности ледокола (желтый цвет) для буксировки крупнотоннажных судов способом счаливания «на усах» (б)**



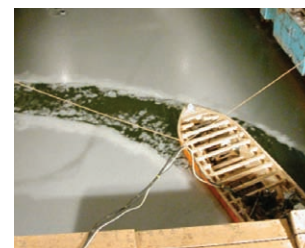
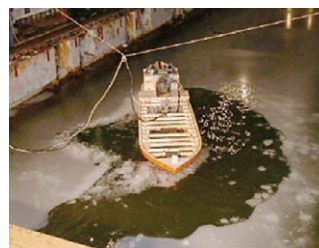
**Бортовая качка ледокола при положении лагом к волнению силой 6 баллов без хода**

ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова проводило комплекс модельных испытаний в гидро- и аэротрубе, ледовом и мореходных бассейнах, выполняло расчеты прочности, качки, вибрации и т. д. ЦКБ «Балтсудопроект» разрабатывало документацию по теории корабля, корпусной части, судовым устройствам, частично по энергетической установке и общесудовым системам; ОАО «ЭРА-Проект» – документацию по электрооборудованию, автоматизации, навигации и связи. ■

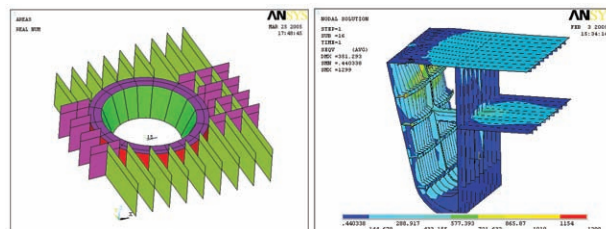


**Бассейновые испытания модели ледокола**

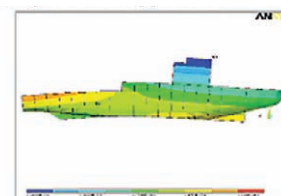
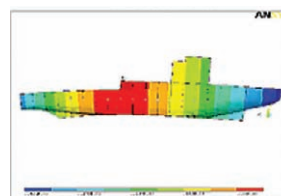
а)



б)

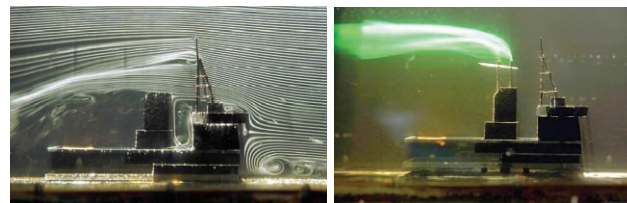


**Расчет уровней вибрации в обитаемых помещениях ледокола**



в)

г)



**Испытания в ледовом бассейне (а), проверка прочностных параметров корпусных конструкций проекта (б), определение потоков выхлопных газов дымовой трубы для обеспечения работы с вертолетом на ВПП в гидродинамической трубе (в и г)**

Продолжение следует

Суда внутреннего плавания (СВП) отечественных судовладельцев, эксплуатирующиеся на реке Дунай, достаточно старые, поэтому имеется настоятельная необходимость обновления флота компаний, работающих в Дунайском бассейне. Это должны быть суда, предназначенные и полностью приспособленные в том числе для транзитной работы в системе Дунай – Майн – Рейн (ДМР).

Целью статьи является обоснование главных параметров сухогрузных СВП нового поколения на основе анализа риска эксплуатации уже построенных судов с подготовкой рекомендаций по проектированию их корпусов.

Как было показано ранее [1], главные размеры оптимальных СВП 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) единым корпусом. 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 составы и составные суда, т.е. несколько судов, состав из которых отвечает максимальным возможностям пути.

Например, если рассматривать перевозки по Дунаю, в 2014 г. толкаемыми составами через контрольный пункт Мохач в Венгрии было перевезено около 3,7 млн. т, что составляет 74,7% от общего объема грузов (в 2013 г. – 74,3%), из них 2,24 млн. т – вверх, что составляет 83,5% от всего объема перевезенных грузов (в 2013 г. – 79,8%). В среднем в 2014 г. через контрольный пункт Мохач проходило вверх и вниз 45–50 составов в месяц [4].

Европейская классификация составов по типу водных путей и ограничения системы ДМР приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Объемы международных перевозок по европейским внутренним водным путям (ВВП) напрямую зависят от возможности совместного использования водных коммуникаций унифицированными судами разных стран (обычно это речные баржи типа «Европа»), т.е. от проходимых осадок, габаритов каналов и шлюзов, минимальных проходимых высот под мостами.

Среди СВП, которые в настоящее время эксплуатируются в системе ДМР, есть много судов, спроектированных не под условия Дуная и с заметной избыточными прочностными возможностями (класс РС ПСП, класс PPP «О 2,0», «МСП 3,5» и пр.), что приводило к существенным отличиям в их главных характе-

## СУХОГРУЗНЫЕ БАРЖИ ТИПА «ЕВРОПА-2Б» ПРОЕКТОВ 16350У, 16350МДЛ, 16350МДЛ-С, RDB06 И RDB11 ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ ДУНАЙ-МАЙН-РЕЙН

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,  
О.Г. Егорова, мл. науч. сотрудник, ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,  
контакт. тел. (812) 233 6403

Таблица 1  
Европейская классификация составов международного значения по типу водных путей

Класс водных путей	Тип толкаемого состава, общие характеристики					Миним. высота под мостами <sup>2)</sup> м
	Схема состава	Длина, м	Ширина, м	Осадка <sup>3)</sup> , м	Грузоподъемность, т	
IV		85	9,50 <sup>4)</sup>	2,50–2,80	1250–1450	5,25 или 7,00 <sup>3)</sup>
Va		95–110 <sup>1)</sup>	11,40	2,50–4,50	1600–3000	5,25 или 7,00 или 9,10 <sup>3)</sup>
Vb		172–185 <sup>1)</sup>	11,40	2,50–4,50	3200–6000	
Vla		95–110 <sup>1)</sup>	22,80	2,50–4,50	3200–6000	7,00 или 9,10 <sup>3)</sup>
Vlb		185–195 <sup>1)</sup>	22,80	2,50–4,50	6400–12 000	7,00 или 9,10
Vlc		270–280 <sup>1)</sup>	22,80	2,50–4,50	9600–18 000	9,10 <sup>3)</sup>
		195–200 <sup>1)</sup>	33,0–34,2 <sup>1)</sup>	2,50–4,50	9600–1800	
VII		285	33,0–34,2	2,50–4,50	14 500–27 000	9,10 <sup>3)</sup>

Примечания:

<sup>1</sup> Первое значение приводится с учетом современной ситуации, второе – с учетом будущих изменений и в некоторых случаях, современной ситуации.

<sup>2</sup> С учетом безопасного расстояния, составляющего примерно 30 см, между верхней точкой конструкции судна или его груза и мостом.

<sup>3</sup> Для перевозки контейнеров приняты следующие значения: 5,25 м – для судов с загрузкой контейнеров в 2 яруса; 7,00 м – с загрузкой контейнеров в 3 яруса; 9,10 м – с загрузкой контейнеров в 4 яруса; 50% контейнеров могут быть порожними, в противном случае следует применять балластировку.

<sup>4</sup> Некоторые из существующих водных путей могут рассматриваться как относящиеся к классу IV по максимально допустимой длине судов и составов, даже если их максимальная ширина составляет 11,40 м, а максимальная осадка – 4,00 м.

<sup>5</sup> Значение осадки для конкретного водного пути должно определяться с учетом местных условий.

Таблица 2  
Габариты фарватера системы ДМР

Участок	Навигационный участок, км	Ширина фарватера, м	Миним. глубина фарватера, м	Минимальная полезная высота судоходного пролета лимитирующего моста, м
	Северное море – Бовен-Рейн (1036,2–867,46)	110,0	2,5	9,10
Рейн	Бовен-Рейн-Майнц	120,0	1,90	9,10
Майн	Майнц-Бамберг	36,0	2,50	6,40
Майн-Дунай	Бамберг-Кельхайм	36,0	4,00	6,00
Дунай	Кельхайм-Сулина	40	1,85	6,07

ристик. Например, суда типа «Волго-Дон» класса «О-ПР 2,0» с их осадкой в 3,50 м могут эксплуатироваться только до портов на Балканах, причем не во всякий сезон и не каждый год. После разрушения системы «Интерлихтер» стала нерентабельной эксплуатация лихтеров типа ДМ класса река-море плавания R2-RSN (высота волны – 6,0 м), представля-

ющих собой фактически половину баржи типа «Европа-2Б» и соответственно имеющих более высокий стандарт общей прочности.

Типовыми *несамоходными* судами являются речные сухогрузные и нефтеналивные баржи-секции типа «Европа-2Б» грузоподъемностью  $Q_{гр} = 1600–2000$  т, габариты которых унифицированы –  $L \times B \times$



$\times D \times d = 76,0 - 76,5 \times 11,0 \dots 11,4 \times 3,20 \times 2,7 - 3,0$  м и надводным габаритом не более 5,25 м, поэтому понятной целью проектирования является достижение минимальной металлоемкости конструкции.

Однако правильнее несколько более широкая трактовка целевой функции. Оптимизация массы корпуса должна отражать класс судна, но не в привычном понимании района плавания, который для барж типа «Европа-2Б» практически всегда единый (в [3] район 2, допускаемая высота волны – 0,6 м), а допустимая технология (порядка) погрузки-выгрузки как инструмент учета фактических рисков, которые возникают на протяжении всего жизненного цикла эксплуатации (со сроком службы до 30–35 лет).

Такая сухогрузная баржа-секция предназначается для перевозок генеральных, навалочных грузов и контейнеров международного стандарта методом толкания на всем протяжении системы ДМР. По архитектуре это однотрюмное судно, с форпиком и ахтерпиком, с двойными дном и бортами. В конструкции традиционно уже много десятилетий применяют поперечную систему набора корпуса, имеющую преимущества в постройке.

Трюм закрывается передвижными люковыми крышками. Его раскрытие обеспечивается примерно на 50%. Носовая оконечность самообразного типа, кормовая имеет небольшой подъем от основной линии или без него.

Наливная баржа-секция предназначена для перевозки наливных грузов методом толкания также на всем протяжении системы ДМР. Основное устройство и оборудование ее выполняют по типу сухогрузной баржи-секции. Корпус судна разделен поперечными и продольными переборками на форпик, ахтерпик, наливные грузовые танки и коффердамы.

Анализ эксплуатации судов такого типа позволяет выявить те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на риск в течение всего срока службы [2]. Например, при нормальной интенсивности эксплуатации самоходное судно, работающее на Дунае, за год примерно 250 раз проходит через шлюзы, самоходное судна – 300 раз соответственно. На всей протяженности системы ДМР от порта Сулина до порта Роттердам имеются 82 шлюза (из них на участке соединения Дунай–Майн от Йохенштайна до Ашаффенбурга 52 шлюза). При нормальной интенсивности эксплуатации (14 рейсов для самоходного и 18 рейсов для самоходного грузового судна ежегодно) по всей протяженности системы ДМР самоходное судно за год около 1100 раз (!) будет проходить через шлюзы. Для самоходного судна

эта величина приблизительно составит 1500 шлюзований.

Очевидна роль этого фактора риска и его последствий – касаний стенок шлюзов и каналов, приводящих к дополнительному истиранию ширстречного и скулового поясов бортовой обшивки и деформированию набора, их подкрепляющего. Особенно при этом страдают связи в носовой оконечности.

Еще одной особенностью является то, что европейские СВП эксплуатируются, как правило, на мелководье обитаемых и обжитых рек, проходящих по развитым странам со строгим природоохранным законодательством и влиятельными экологическими организациями. Следовательно, такое событие как посадка на мель, является для СВП системы ДМР событием достаточно регулярным и при этом более опасным, чем в иных водных бассейнах.

Опасности, обусловленные путевыми условиями, проявляются по-разному:

- непосредственно, как главная причина аварии – контакт со стенками шлюзов и каналов, а особенно посадка на мель, могут сами по себе привести к перелому корпуса;
  - косвенно как фоновая причина аварии – накопление повреждений днища, скулы, а также бортов, которые за определенный период могут существенно снизить несущую способность корпуса и способствовать перелому в иной ситуации, например, во время грузовых или ремонтных операций.
- Применение плавучих кранов, которые широко используются, например, на рейдовых перевалочных комплексах,

приводит к повреждениям бортовых конструкций СВП при повороте стрелы крана, раскачивании на волнении, проходе рядом других судов. Особенно опасно данное событие в начале погрузки или в конце выгрузки, когда низкобортный корпус плавучего крана с хорошей кранцевой защитой контактирует с поясом бортовой обшивки, не защищенным привальным брусом.

Аналогичные повреждения возникают при контакте бортовых конструкций, особенно ширстрека и скулы, со стенками каналов и шлюзов.

Анализ ремонтных ведомостей, грузовых и вахтенных журналов более чем 140 судов за длительный период эксплуатации позволил выявить типовые дефекты и повреждения их корпусов, что, в свою очередь, дало возможность достаточно обоснованно определить основные источники повреждений корпусов рассматриваемых судов. На рис. 1 типовые повреждения корпуса, а на рис. 2 – причины, их вызывающие.

При этом сами переломы корпусов чаще всего происходят во время погрузки и выгрузки, так как в отсутствии волнения именно они приводят к неконтролируемому и опасному росту изгибающего момента.

Моделирование возможных вариантов погрузки-выгрузки сухогрузных самоходных СВП показал, что наиболее целесообразными для сохранения прочности судов при грузовых операциях являются следующие варианты погрузки (рис. 3):

- одним грузовым устройством в один проход с носа в корму (в силу нали-

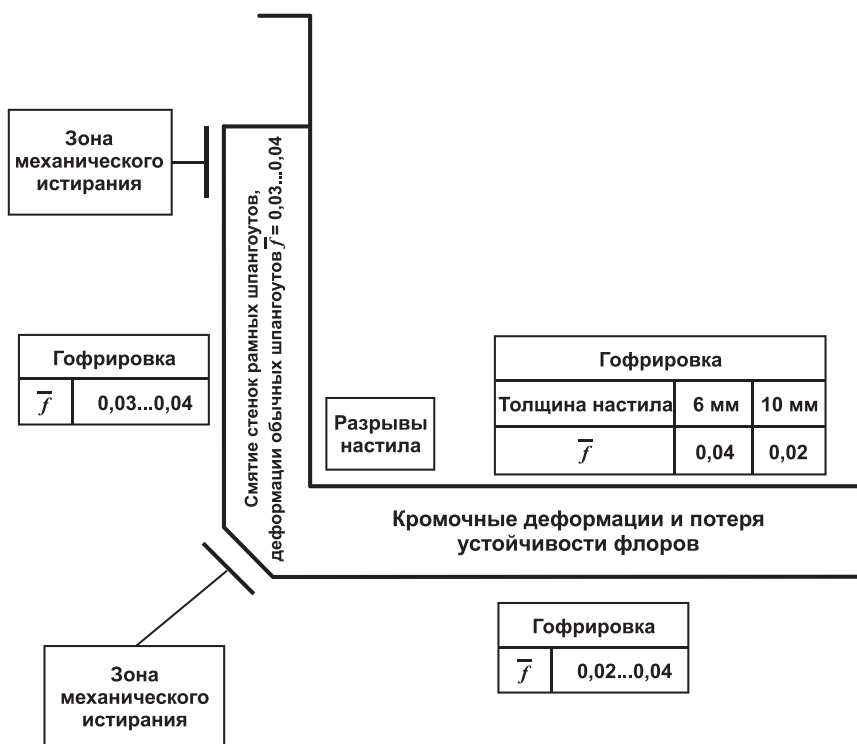


Рис. 1. Повреждения корпуса баржи типа «Европа-2Б»:  $\bar{f}$  – относительная стрелка прогиба

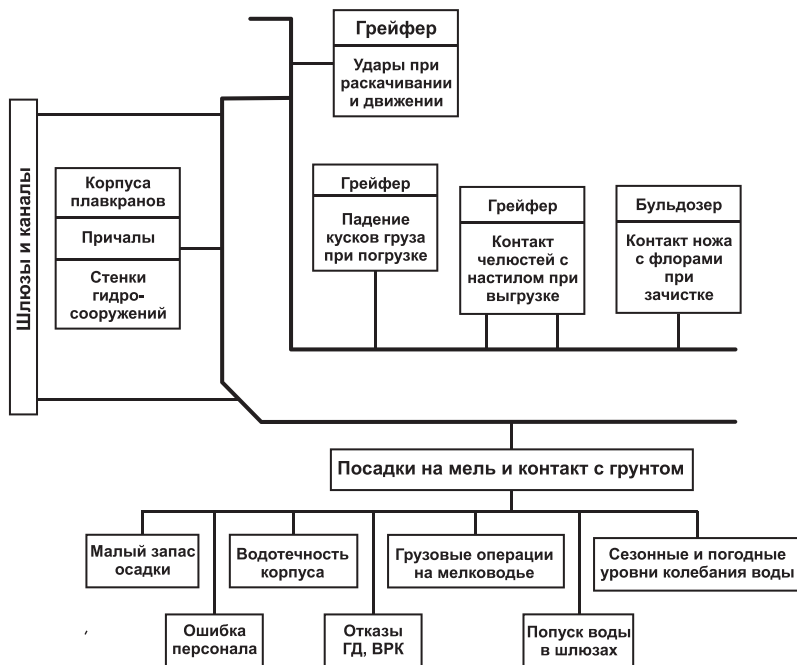


Рис. 2. Источники повреждений корпуса баржи-секции

чия определенной симметрии оконечностей этот вариант дает для несамоходных судов практически те же результаты, что и вариант с кормы в нос);

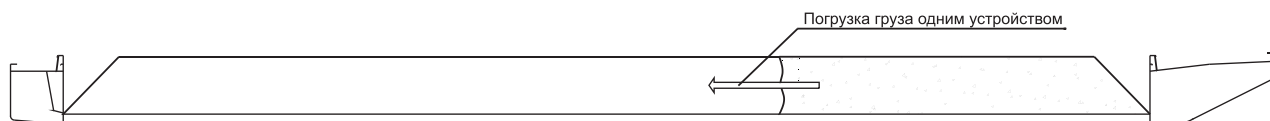
- одним грузовым устройством в два прохода;
- двумя грузовыми устройствами от оконечностей к миделю;
- двумя грузовыми устройствами от миделя к оконечностям.

Два первых варианта представляют собой случаи регламентируемой или «контролируемой» организации грузо-

вых операций. Именно такие варианты в инструкции по загрузке (ИЗ) и расчетах прочности корпусов существующих СВП признаны типовыми.

Два последующих варианта являются наиболее опасными случаями «неконтролируемой» организации грузовых операций, так как вариант погрузки от оконечности к миделю (3-й вариант) приводит к максимально возможному перегибу корпуса, а вариант погрузки от миделя к оконечностям (4-й вариант) – к максимально возможному прогибу.

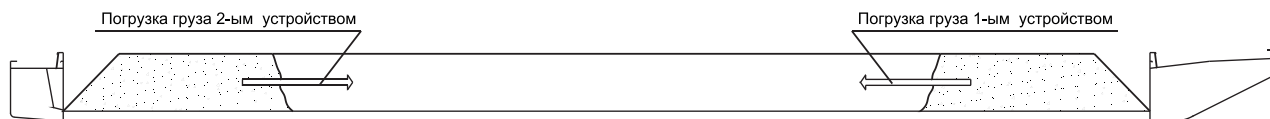
а) 1-й вариант



б) 2-й вариант



в) 3-й вариант



г) 4-й вариант

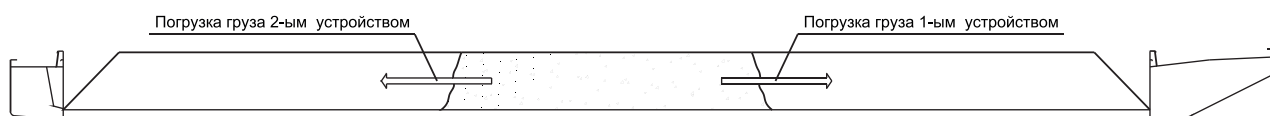


Рис. 3. Варианты проведения грузовых операций

Конечно, подобные нарушения могут представляться несколько искусственными, но именно такие схемы дают наибольшие отклонения от регламентированных операций.

Результаты численного моделирования в виде наибольших величин коэффициентов изгибающих моментов  $m_{расч} = M_{расч} / 9,81 \cdot \Delta \cdot L$ , где  $\Delta$  – водоизмещение судна,  $L$  – длина, приведены на рис. 4. Как видно из рис. 4, у баржи-секции типа «Европа-2Б» для первого варианта величина  $m_{ТВ} = 0,0124$  (при 23% от общего количества груза), для второго варианта величина  $m_{ТВ} = 0,0075$  (при 13% от общего количества груза), для третьего варианта величина  $m_{ТВ} = 0,0232$  (при 48% от общего количества груза), для четвертого варианта величина  $m_{ТВ} = -0,0197$  (при 52% от общего количества груза).

Таким образом, изменение схемы погрузки баржи типа «Европа-2Б» с однослойной к двухслойной уменьшает изгибающий момент в 1,65 раза, неконтролируемая погрузка увеличивает в сравнении с однослойной наибольшие при грузовых операциях изгибающие моменты в 1,87 раза, а в сравнении с двухслойной – в 3,09 раза.

Подавляющее большинство переломов корпусов СВП, особенно в системе ДМР, где практически нет значимого волнения, происходит из-за потери устойчивости элементов сжатого пояса эквивалентного бруса, что, безусловно, связано с широким применением в европейском речном судостроении поперечной системы набора.



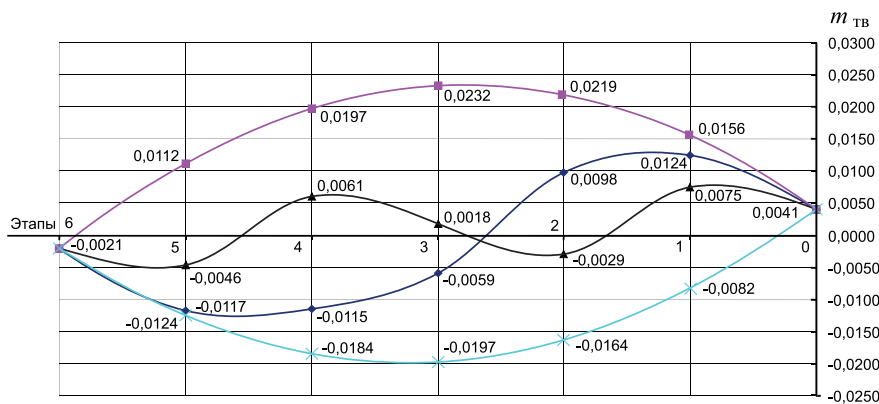


Рис. 4. Изменения наибольшего изгибающего момента при грузовых операциях для баржи секции типа «Европа-2Б»: —◆— 1 проход с носа в корму (1-й вариант); —▲— 2 прохода с носа в корму (2-й вариант); —■— неконтролируемая погрузка (3-й вариант); —×— неконтролируемая погрузка (4-й вариант)

Количественный и качественный рост стандарта общей прочности, с помощью которого можно парировать вышеперечисленные опасности, может быть обеспечен следующими мероприятиями:

- увеличением толщин и размеров связей, т.е. увеличением металлоемкости корпусов;
- изменением методики расчета усилий от общего изгиба за счет увеличения для отдельных классов дополнительного (волнового и ударного) изгибающего момента; учетом неравномерности загрузки судов и затопления пиков; проверкой общей прочности при грузовых операциях для промежуточных случаев из ИЗ; проверкой общей прочности при удифферентовке судна для осмотра винта, что может в итоге приводить к увеличению размеров связей;
- изменением методики расчета общей прочности за счет увеличения коэффициентов запаса; проверкой прочности для корпуса к концу срока службы с учетом износа и деформаций, что также может приводить к увеличению размеров связей;
- сменой поперечной системы набора крайних поясков эквивалентного бруса на продольную;
- для продольной системы набора увеличением устойчивости продольных РЖ за счет уменьшения рамной шпации и увеличения момента инерции поперечного сечения профилей продольных РЖ.

Как уже отмечалось, главной опасностью для СВП системы ДМР являются грузовые операции, соответственно, управление этим риском влияет на конструктивные и проектные решения. Это можно проиллюстрировать на примере спроектированных в разное время «Морским Инженерным Бюро» («МИБ») барж типа «Европа-2Б», имеющих одинаковые размерения.

С 1999 по 2005 г. Килийский судостроительно-судоремонтный завод (Килийский ССРЗ) построил 19 барж типа

лихтеров типа ДМ пр. 1635К после удаления ахтерпиков на длине 2,75 м. Значения фактических толщин продольных связей, использованных при постройке, представлены в табл. 3.

По результатам проектных расчетов были дополнительно установлены продольное разрезное ребро жесткости на стенке продольного комингса для обеспечения ее устойчивости при продольном изгибе корпуса.

Компенсация недостатка момента сопротивления комингса осуществлялась путем приварки к верхней части его стенки накладной полосы 200×20 мм.

Момент сопротивления днища неподкрепленного корпуса с учетом ре-

Таблица 3  
Остаточные толщины продольных связей корпуса баржи пр. 163

Наименование связи	Строительная толщина $S_{пр}$ , мм	Фактическая остаточная толщина при конверсии $S_{факт}$ , мм	Износ, %
Обшивка днища	10,0	8,75	12,50
Обшивка днища	8,0	7,0	12,50
Обшивка борта	8,0	7,0	12,50
Ширстрек	10,0	8,75	12,50
Настил палубы	8,0	7,52	6,0
Стенка комингса	12,0	11,76	2,0
Полка комингса	10,0	9,80	2,0
Обшивка 2-го борта	8,0	7,68	4,0
Настил двойного дна	10,0	9,50	5,0



Рис. 5. Баржа типа «Европа-2Б» пр. 1635ОМДЛ на стапеле Килийского ССРЗ

«Европа-2Б» конверсионного типа пр. 1635ОУ и пр. 1635ОМДЛ, по проектам «МИБ» и КБ Килийского ССРЗ под руководством главного конструктора В.А. Кириченко (рис. 5). Эти баржи строили путем соединения двух корпусов сухогрузных лихтеров «Дунай-море» класса РС ПСП, оставшихся после прекращения деятельности «Интерлихтера». Главные параметры указаны в табл. 3.

Например, баржи пр. 1635ОУ конверсировались путем стыковки двух

дуцирования гибких связей также был недостаточен из-за низкой устойчивости днищевой обшивки. Для устранения данной проблемы установлены два продольных разрезных ребра жесткости (полособульб №10, по одному ребру с каждого борта), приваренных изнутри бортовых отсеков к днищевой обшивке. Установленные ребра не включались в расчет эквивалентного бруса, а лишь служили опорами для

Таблица 4  
Основные характеристики барж типа «Европа-2Б» МИБ, строившихся на Килийском ССРЗ

Параметр	Пр. RDB06	Пр. RDB11	Пр. 16350У
Длина габаритная, м	76,02	76,02	76,50
Длина, м	76,00	76,00	76,10
Ширина габаритная, м	11,44	11,44	11,04
Ширина, м	11,40	11,40	11,00
Высота борта, м	3,20	3,20	3,90
Осадка по КВЛ, м	3,00	3,00	3,1
Осадка порожнем, средняя, м	0,56	0,56	0,54
Габаритная высота от ОП до верхней кромки несъемных частей, не более, м	5,30	5,30	4,99 – до верхней кромки комингса
Грузоподъемность (около), т	2000	2000	2033 (пр. 16350У)/2097 (пр. 16350МДЛ)
Вместимость грузового трюма, м <sup>3</sup>	2228	2106	2667
Люковые закрытия.	Телескопического типа со сдвигающимися вручную крышками	Телескопического типа со сдвигающимися вручную крышками	Понтонного типа
Класс	I3/3EX side tank vessel loading and unloading in two runs /NP NL <sub>2</sub> ice	I3/3EX side tank vessel /NP NL <sub>2</sub> ice	КМ ★ B2

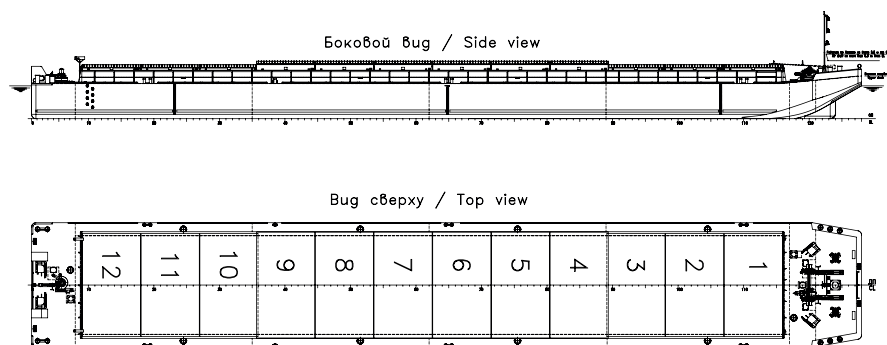


Рис. 6. Общий вид барж пр. RDB06 и пр. RDB11

В дальнейшем с учетом отмеченных выше особенностей специалистами «МИБ», Украинского Дунайского пароходства (УДП) и Килийского ССРЗ была спроектирована новая сухогрузная безэкипажная толкаемая баржа типа «Европа-2Б» пр. RDB06, предназначенная для перевозки генеральных и навалочных грузов, в том числе зерна (основные характеристики приведены в табл. 4, общий вид на рис. 6).

Согласно присвоенному классу судно может работать в системе ДМР, включая устьевые участки, с возможностью эксплуатации в ледовых условиях.

Судно было спроектировано и построено по Правилам классификации и постройки судов внутреннего плавания Бюро Веритас с учетом рекомендаций по унификации флота Дунайских пароходств; рекомендаций по унификации электрооборудования толкаемых составов на Дунае; основных положений о плавании по Дунаю (ОППД) и

основных рекомендаций по применению ОППД компетентными властями Придунайских государств.

В носовой оконечности судна имеется стабилизирующий обтекатель. Грузовой трюм длиной 65,4 м выполнен в ящичной форме. Люковые закрытия телескопического типа со сдвигающимися вручную крышками.

Корпус имеет двойное дно, двойные борта, верхнюю палубу с шириной раскрытия 0,79В, непрерывные продольные комингсы грузового люка высотой 1,20 м. Поперечные переборки в трюме и в бортовых отсеках плоские. Вторые борта, наружные борта, верхняя палуба, продольные комингсы люка и палубный стрингер, ахтерпик выполнен по продольной системе набора; конструкция носовой оконечности, днища и второго дна – по поперечной. В грузовой части корпуса установлены двойные борта, набранные по продольной системе набора.

Междудонные, бортовые отсеки, ахтерпик и форпик являются сухими отсеками.

Высота междудонных отсеков – 600 мм. Ширина бортовых отсеков – 1200 мм.

В качестве материала основных конструкций корпуса применяется судостроительная сталь категории А с пределом текучести 235 МПа, кроме ширтрека, который в средней части изготовлен из стали категории Б.

Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки 6,5 т/м<sup>2</sup>.

Поперечная шпация в носовой оконечности и в средней части судна (шп. 8–128) имеет размер 600 мм; в кормовой оконечности (шп. 0–8) – 500 мм;

В бортовых отсеках установлены три водонепроницаемые поперечные переборки, разделяющие межбортовое пространство на четыре непроницаемых отсека.

Предусмотрена возможность установки подруливающего устройства мощностью 95 кВт с питанием от толкача.

Головная баржа пр. RDB06 DS 1863 была спущена 8 апреля 2005 г. на Килийском ССРЗ. Баржи строились по схеме кредитования австрийским Bank für Arbeit und Wirtschaft AG при непосредственном участии Oesterreichische Kontrollbank AG.

Баржи новой конструкции работают на Верхнем Дунае с выходом на Рейн.

Планировалась ее активная загрузка в контейнерном варианте от Роттердама до Будапешта, с вдвижением в устьевые украинские порты. Предполагалось, что судно пр. RDB06 DS 1863 будет элементом перспективной транспортной системы с участием морских сухогрузных судов пр. RSD09. Такая схема позволяла замкнуть трансконтинентальную систему перевозок от Северного моря до портов Северной Африки через Измаил, Килию, Рени судами Дунайского пароходства.

В корпусах пр. RDB06 реализованы привычные для барж дунайского региона решения (как по набору корпуса, так и высоте двойного дна, которая, по сути, не предназначена для ремонта в будущем).

Следующий пр. RDB11, напротив, был спроектирован с учетом накопленного отечественного и зарубежного опыта, который показал недостаточную общую прочности существовавших судов.

Принципиальное отличие проектов состоит в том, что корпуса пр. RDB11 имеют продольную систему набора, корпуса пр. RDB06 – поперечную (табл. 5), мидель шпангоуты показаны на рис. 7 и 8 соответственно).

Основные проблемы прежнего поколения барж были связаны в первую



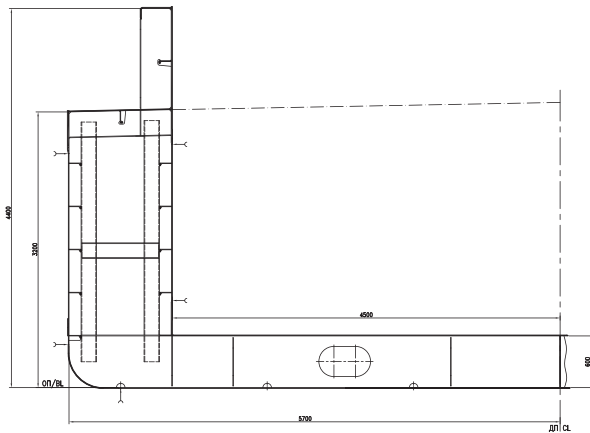


Рис. 7. Мидель-шпангоут баржи пр. RDB11

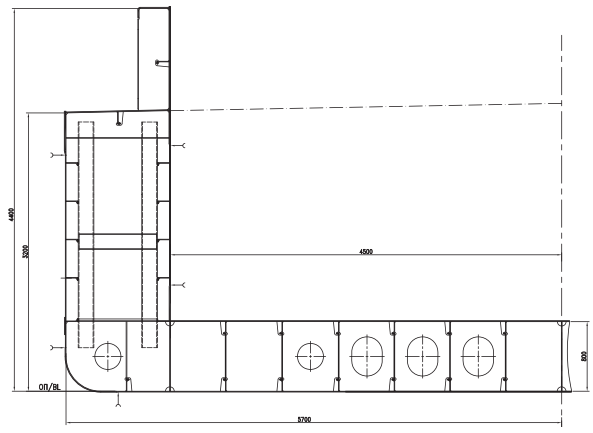


Рис. 8. Мидель-шпангоут баржи пр. RDB06

**Прочностные характеристики проектов дунайских барж типа «Европа-2Б»**

Наименование характеристики	Пр. RDB11	Пр. RDB06	Пр. 16350У
	Киевский ССРЗ	Килийский ССРЗ	Килийский ССРЗ
Высота борта, м	3,20	3,20	3,90
Высота комингса люка	1,20	1,20	1,09
Высота двойного дна, м	0,80	0,60	0,43
Масса корпуса, т	358,7	356,2	
Водоизмещение порожнем (с учетом люковых закрытий), т	428	430,5	385,1
Момент сопротивления корпуса по комингсу, м <sup>3</sup>	0,2891	0,2908	0,2051 (0,1965*)
Момент сопротивления корпуса по днищу, м <sup>3</sup>	0,6464	0,5929	0,4300 (0,1931*)
Предельный момент корпуса при перегибе, кН·м	67880	47330	45380
Предельный момент корпуса при прогибе, кН·м	67950	68330	48210

\* С учетом редуцирования

очередь с недостаточной устойчивостью пластин обшивки и палуб при поперечной системе набора, особенно при сжатом днище.

Для корпусов с продольной системой набора количество переломов корпуса в среднем соответствует вероятности за весь срок эксплуатации 0,0028 против 0,0114 при поперечной. Таким образом, при поперечной системе набора вероятность перелома в 4,1 раза больше, чем при продольной.

За счет изменения системы набора с поперечной на продольную, при практически той же металлоемкости (она увеличилась на 2,5 т), удалось на 43% увеличить предельный изгибающий момент корпуса пр. RDB11 при перегибе и тем самым обеспечить равнопрочность корпуса как при перегибе, так и при прогибе.

Это принципиально важно для речных судов, так как главной опасностью для них и основной нагрузкой являются усилия на тихой воде, возникающие при грузовых операциях.

Это же позволило снять обязательное для баржи пр. RDB06 ограничение погрузки-выгрузки только в два слоя (в два прохода). Баржи пр. RDB11 могут

грузиться в один проход, что существенно сокращает стояночное время и снижает роль человеческой ошибки при неверном распределении груза и неверном порядке погрузки-выгрузки.

Кроме того, уменьшение величины при перегибе (днище сжато) в случае поперечной системы набора происходит с большим градиентом, чем при иных условиях. Это приводит к тому, что суда, набранные по поперечной системе набора, быстрее теряют несущую способность.

Уменьшение предельного момента корпуса при поперечной системе набора составляет около 1,8% в год от поперечной величины. Уменьшение этой величины при продольной системе набора крайних связей составляет около 0,8% в год от поперечной величины.

Таким образом, принятые конструктивные решения обеспечили большую надежность корпусов барж, чем судов ранней постройки, набранных по поперечной системе набора.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основа-

Таблица 5

**Хронология строительства барж типа «Европа-2Б» «МИБ» (пр. 16350У, 16350МДЛ, RDB06) на Килийском ССРЗ**

Таблица 6

Название	Дата сдачи
UDP-SL-016	1999
UDP-SL-017	1999
UDP-SLG-001	2001
UDP-SLG-002	2001
UDP-SLG-003	2001
UDP-SLG-004	2001
UDP-SLG-005	2001
UDP-SLG-006	2002
UDP-SLG-007	2002
UDP-SLG-009	2004
UDP-SLG-010	2004
UDP-SLG-013	2004
UDP-SLG-014	2004
UDP-SLG-015	2004
UDP-SLG-016	2004
UDP-SLG-017	2004
UDP-SLG-018	2005
UDP-SLG-019	2005
UDP-SLG-020	2005
DS1863	29.04.05
DS1864	20.03.06

нии теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.

2. Егорова О.Г. Факторы, влияющие на надежность корпусов грузовых судов Дунайского региона. – Тр. НТК по СМК памяти проф. П.Ф. Папковича. – СПб.: Крыловский государственный научный центр, 2015. – С. 31–32.

3. Наблюдение за рынком Дунайского судоходства: 2014 г. – Дунайская Комиссия, Будапешт, 2015. – 23 с.

4. Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания (Приложение к резолюции №61). – Рабочая группа по внутреннему водному транспорту / Европейская экономическая комиссия ООН. – 2006 (с учетом поправок 2013 г.). – 242 с. ■

**А**нная статья посвящена рассмотрению контейнеров, используемых на надводных кораблях (НК) и подводных лодках (ПЛ). Такие контейнеры могут применяться на практике, что определяет актуальность статьи.

Для начала скажем о том, что при проектировании подводных лодок (ПЛ) и подводных аппаратов (ПА) стремятся как можно меньше нарушать целостность их корпуса. Для этого оборудование, размещенное за прочным корпусом, должно быть спроектировано с таким расчетом, чтобы оно было способно работать в условиях воздействия на него большого давления и агрессивной морской воды. К такому оборудованию при проектировании предъявляются повышенные требования, прежде всего к его надежности, так как практически невозможно отремонтировать оборудование до того момента, как ПЛ или ПА вернется в базу.

Выполнить повышенные требования на стадии проектирования можно только в случае, если известны действующие нагрузки в их неблагоприятном сочетании. К наиболее опасным относятся динамические нагрузки, которые могут существенно превышать статические и привести к возникновению резонансных явлений.

Для учета этих особенностей необходимы изучение протекающих в оборудовании физических процессов, создание их математических моделей и разработка методики расчета для выбора основных конструктивных параметров. Это, в частности, относится и к контейнерам, используемым для хранения и транспортировки специзделий.

Рассмотрим несколько запатентованных контейнеров, которые схожи между собой по конструкции.

1. Сначала рассмотрим контейнер (рис. 1), разработанный специалистами ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения» и имеющий патент RU 2156941 (заявка от 11.10.1999 г.). Контейнер Этот контейнер содержит герметичный корпус с направляющими внутри, передней разрушаемой и задней съемной крышками, размещенные в корпусе кронштейны и отрывные элементы фиксации и удержания специзделия. Отрывные элементы выполнены в виде разрывных болтов, направляющие – за одно целое с корпусом контейнера и расположены равномерно по его окружности.

Корпус может быть выполнен из композиционного материала. Разрушаемая крышка изготавливается, например, из сферопластика и способна выдерживать внешнее давление, соответствующее определенной глубине погружения ПЛ. Вместе с этим крышка может разрушаться при незначительном избыточном

## ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИЗДЕЛИЙ

*А.Ю. Мазуренко, инженер-конструктор 3-й категории  
АО «СПМБМ «Малахит»,  
контакт. тел. (812) 242 1531*

давлению внутри контейнера. Корпус контейнера у переднего торца выполнен внутри с обтюратором, представляющим собой кольцевую опору для специзделия. Обтюратор выполнен за одно целое с корпусом контейнера.

Отметим, что обтюратор – это механическое устройство, предохраняющее от прорывов потоков газов в замкнутом объеме. В общем виде обтюратор, как правило, представляет собой вращающийся, поделенный на секции, диск, конус или цилиндр.

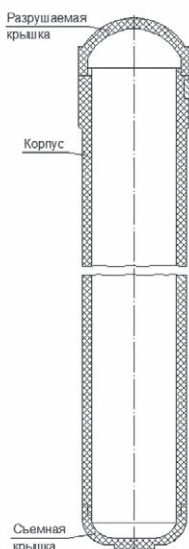


Рис. 1

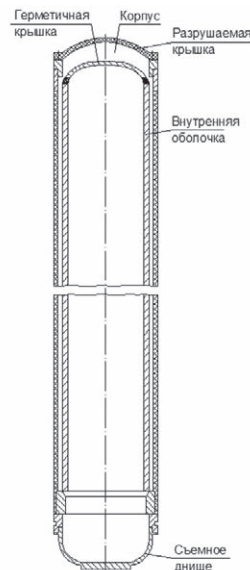


Рис. 2

Данный контейнер можно использовать по назначению, независимо от того, в надводном или в подводном положении находится носитель, на котором размещен упомянутый контейнер.

2. Рассмотрим контейнер (рис. 2), разработанный специалистами ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения» и ОАО «Опытное конструкторское бюро «Новатор» и имеющий патент RU 2194235 (заявка от 20.10.2000 г.).

Он содержит герметичный корпус со средствами удержания и фиксации специзделия, выполненный в виде цилиндрической оболочки с передней разрушаемой крышкой и съемным дном. Цилиндрическая оболочка корпуса выполнена из композиционного материала. Внутри цилиндрической оболочки имеются направляющие, которые представляют собой единое целое с упомянутой оболочкой. Разрушаемая крышка изготовлена, например, из сферопластика и способна выдерживать внешнее давление, соответствующее определенной глубине погружения ПЛ. Вместе с этим крышка может разрушаться при незначительном избыточном давлении внутри контейнера.

Данный контейнер можно использовать в специальных установках, независимо от того, в надводном или в подводном положении находится носитель, на котором размещен контейнер.

3. Транспортный контейнер, показанный на (рис. 3), разработан специалистами ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения». Имеет патент RU 2245503 (заявка от 03.11.2003 г.).

Его корпус выполнен в виде стакана с передней и задней крышками с уплотнением. Внутри корпуса установлено специзделие с обтекателем, выполненным частично выступающим из стакана и одновременно выполняющим роль передней крышки корпуса контейнера. Данный контейнер изготовлен внутри с обтюратором, который расположен в донной части специзделия.

Стакан имеет внутри гладкую цилиндрическую поверхность. На задней крышке установлены средства для создания замкнутого объема заданной величины. Корпус (стакан)



выполнен с утолщением по наружной поверхности в местах, расположение которых соответствует расположению ответных опор специальной установки носителя. Данный контейнер может использоваться как на НК, так и на ПЛ.

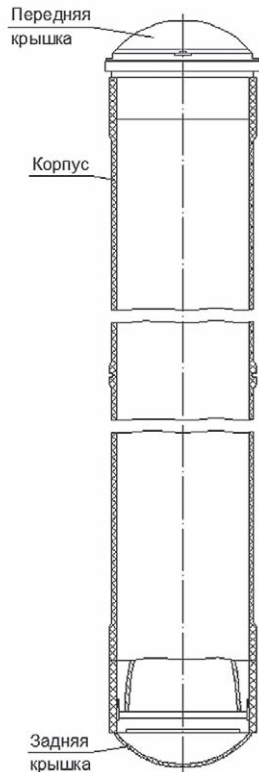


Рис. 3

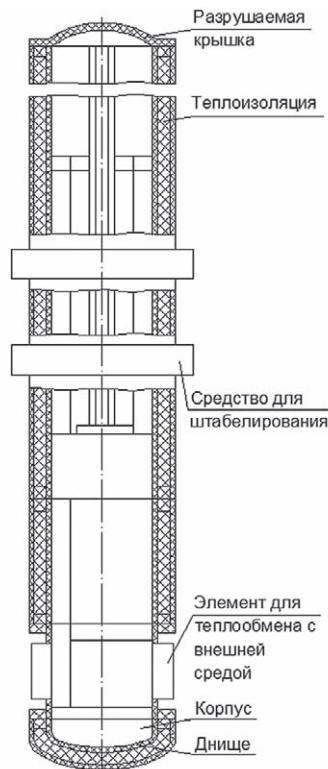


Рис. 4

4. Теперь рассмотрим транспортный контейнер (рис. 4), имеющий патент

RU 2294510 (заявка от 23.06.2005 г.). Также разработан специалистами ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения». Его герметичный корпус включает цилиндрическую оболочку с передней разрушаемой крышкой и выпуклым днищем, а также устройство удержания специзделия. Корпус выполнен из композиционного материала, составным в виде последовательно установленных разъемно соединенных одна с другой секций. Последняя из этих секций разъемно соединена с днищем. Корпус секции для размещения специзделия выполнен внутри с центрирующими направляющими элементами для специзделия. У переднего торца корпуса есть составной обтюратор в виде кольцевой опоры для специзделия.

Центрирующие направляющие элементы для специзделия выполнены за одно целое с корпусом секции для размещения специзделия. Данный контейнер может использоваться на НК.

5. Далее рассмотрим контейнер (рис. 5), имеющий патент RU 2460030 (заявка от 01.04.2011 г.). Разработан специалистами ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения».

Его герметичный корпус содержит направляющие внутри, переднюю разрушаемую и заднюю съемную крышки. Корпус контейнера у переднего торца выполнен внутри с обтюратором в виде кольцевой опоры для специзделия.

Контейнер снабжен съемным кольцевым элементом, который выполнен с возможностью установки внутри корпуса на упомянутой кольцевой опоре со стороны разрушаемой крышки с частичным перекрытием отверстий в кольцевой опоре. Контейнер также снабжен съемным кольцом, которое можно устанавливать внутри корпуса у заднего торца с возможностью охвата с заданным радиальным зазором донной части специзделия. Корпус выполнен составным из разъемно соединенных одна с другой передней и задней секций, может быть снабжен клапаном для затопления его внутреннего объема в подводном положении в случае, когда наружное гидростатическое давление превышает заданную величину. Разрушаемая крышка может разрушаться на фрагменты, обладающие положительной плавучестью. Эксплуатационные возможности данного контейнера шире предыдущих, поскольку в нем можно хранить специзделия разных типов с различными массогабаритными характеристиками, что позволяет, создать на его основе универсальный контейнер.

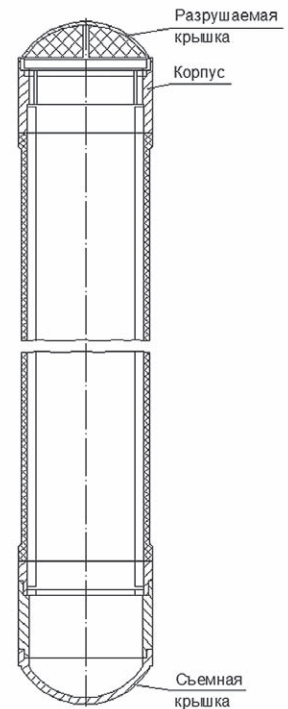


Рис. 5

Как показывает анализ данных приведенной далее таблицы, можно предположить, что наиболее перспективными для применения на ПЛ являются контейнеры, имеющие патент RU 2460030, а для применения как на НК, так и на ПЛ – контейнеры, имеющие патент RU 2194235.

Теперь еще раз обратим внимание на контейнер, имеющий патент RU 2245503 (далее – контейнер с неразрушаемой крышкой).

Как известно, при проектировании современных технических объектов, к которым относятся описанные выше контейнеры, важнейшей задачей является обеспечение их эксплуатационной надежности.

Зачастую нормальной эксплуатации технических объектов мешают колебания, которые могут непосредственно угрожать их прочности, постепенно приводящие к усталостному разрушению. Кроме того, из-за особенностей конструкции технического объекта или из-за несовершенства его конструкции иногда возникают нежелательные периодические удары.

В рассматриваемом контейнере используется традиционная схема открывания крышки, при которой передняя крышка устанавливается в вертикальное положение. В этом случае на крышку ощутимо воздействуют газовые выхлопы, образующиеся в процессе запуска специзделия. Газовые выхлопы в силу высокого давления и температуры вызывают удар по крышке, который, как показывает статистика нарушения работоспособности технических объектов, может оказать разрушитель-

Сравнительная характеристика контейнеров

№ патента	Преимущества	Недостатки
2156941	Существует возможность создания контейнера для хранения специзделия, которое можно использовать по назначению как из надводного, так и подводного положения носителя, на котором размещен контейнер, при разных углах наклона специальной установки и позволяющего без задействования системы управления специзделием экстренно перемещать его в сторону от носителя при возникновении аварийной ситуации	В контейнере отсутствуют возможность изменения давления газов в замкнутом объеме и изменения осевой выталкивающей силы, что необходимо при загрузке в контейнер специзделий различных типов
2194235	Благодаря особенности исполнения контейнера можно расширить его эксплуатационные возможности, за счет его использования в специальных установках как надводных, так и подводных носителей, независимо от того, в надводном или подводном положении находится носитель, т.е. создать универсальный контейнер	В контейнере не предусмотрены средства для измерения параметров давления продуктов сгорания топлива двигателя специзделия и осевой нагрузки в зависимости от массогабаритных характеристик специзделия
2245503	Благодаря особенности исполнения транспортного контейнера можно создать универсальный контейнер, снизить термоэрозийное воздействие на корпус, достичь его многоразового использования. Упрощение конструкции корпуса контейнера позволяет снизить трудоемкость его изготовления	Транспортный контейнер предназначен только для специзделий конкретного типа, т.е. не является универсальным
2294510	Существует возможность создать транспортный контейнер, обеспечивающий заданный температурный режим внутри его корпуса при эксплуатации. Особенности транспортного контейнера позволяют отказаться от выполнения различного рода люков, что позволяет упростить конструкцию корпуса. Особенности выполнения средства штабелирования позволяют достичь большей компактности при объединении транспортных контейнеров в блок для их хранения	Имеет ограниченную область применения, так как предполагает выполнение требуемых операций только с палубных установок НК
2460030	Контейнер может быть снабжен клапаном для затопления его объема в подводном положении в случае, когда наружное гидростатическое давление превышает заданную величину. Существует возможность расширения эксплуатационных возможностей контейнера и создания универсального контейнера для хранения специзделий различных типов с различными массогабаритными характеристиками	Контейнер может использоваться только на ПЛ

ное действие (удар – это совокупность быстротечных явлений, возникающих из-за кратковременного действия весьма больших сил).

В связи с этим целесообразно переднюю крышку вводить в сторону от горловины контейнера и, тем самым, не допустить отрицательного воздействия удара, вызываемого газовыми выхлопами, на крышку. Для открывания крышки по альтернативной схеме можно использовать привод с кулисным механизмом. При этом тягу, необходимую для приведения в действие кулисного механизма, обеспечивает применяемый в приводе гидроцилиндр.

Отметим, что кулисный механизм, предназначен для преобразования одного вида вращательного движения в другое или непрерывного вращательного движения в возвратно-поступательное движение, а кулиса – это звено кулисного механизма, вращающееся вокруг неподвижной оси и образующее с другим подвижным звеном (ползуном) поступательную пару.

Так как механизмы, которые могут быть приведены к кинематической схеме кулисного механизма, имеют широкое применение в современных технических объектах, предложенная схема при грамотной реализации конструкторских решений может стать альтернативой традиционной схеме открывания крышки контейнера.

Опыт проектирования такого привода имеется у специалистов АО «СПМБМ «Малахит». Этот привод успешно используется на одной из эксплуатируемых в настоящее время ПЛ.

## ВЫВОДЫ

Все перечисленные выше контейнеры имеют как преимущества, так и недостатки. Судя по превалированию преимуществ над недостатками наиболее перспективными выглядят контейнеры, имеющие патенты RU 2460030 и RU 2194235.

Наиболее перспективными для улучшений представляется контейнер с неразрушаемой крышкой.

Исследованию динамических на-

грузок, воздействующих на технические объекты, посвящено много работ. Однако их анализ позволяет установить, что вопросы влияния динамических нагрузок на характеристики технических объектов в реальных морских условиях и влияния схем расположения элементов технических объектов на эти нагрузки изучены еще недостаточно.

Вопросы, связанные с обеспечением эксплуатационной надежности того или иного технического объекта, могут быть решены путем исследования процессов, воздействующих на составные части этого объекта. В частности, у специалистов АО «СПМБМ «Малахит» имеется опыт проверки работоспособности привода (с кулисным механизмом) открывания крышки. Проверка может быть осуществлена по рассчитанным коэффициентам запаса по развиваемому гидроцилиндром усилию и по действующим максимальным напряжениям в деталях (узлах) механизма привода.

В общем, прогресс не останавливается, и на место имеющихся на данный момент проектных и конструкторских решений приходят новые.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Паювко Я. Г.* Основы прикладной теории колебаний и удара. – М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2015. – 272 с.
2. *Волосухин В. А. и др.* Прикладная механика: Учеб. пособие для вузов. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 288 с.
3. *Дронов Б. Ф.* Проектная школа «СПМБМ «Малахит». – СПб.: ОАО «СПМБМ «Малахит», 2012. Вып. № 24. – 194 с.
4. Гидродинамика корабля: Сб. науч. тр. – Николаев: НКИ, 1990. – 101 с.
5. Патент № 2460030 (Россия), МПК F41F 3/042. Корабельный контейнер для хранения и пуска ракеты/Долбенков В. Г., Потапов В. Ф., Митяшов В. А., Васильев С. А. Приоритет от 01.04.11 Оп. 27.08.12.
6. Патент № 2294510 (Россия), МПК F41F 3/08. Транспортно-пусковой контейнер преимущественно для оружия типа торпеды/Потапов В. Ф., Вихров Ю. В., Ефремов Г. А., Ермилов Л. Л., Митяшов В. А., Алешин Е. А., Дробот К. В. Приоритет от 23.06.05 Оп. 27.02.07.
7. Патент № 2245503 (Россия), МПК F41F 3/04. Транспортно-пусковой модуль/Потапов В. Ф., Резников В. Ф., Ефремов Г. А., Царев В. П. Приоритет от 03.11.03 Оп. 27.01.05.
8. Патент № 2194235 (Россия), МПК F41F 3/04. Корабельный контейнер для хранения и пуска ракеты/Потапов В. Ф., Резников В. Ф., Алешин В. В., Камнев П. И., Кругликов В. П., Васко В. В. Приоритет от 20.10.00 Оп. 10.12.02.
9. Патент № 2156941 (Россия), МПК F41F 3/04. Корабельный контейнер для хранения и пуска ракеты/Потапов В. Ф., Резников В. Ф., Лукин К. Л., Кругликов В. П., Васко В. В. Приоритет от 11.10.99 Оп. 27.09.00. ■



## ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования морских судов важнейшей процедурой является оценка динамической непотопляемости методами современной теории катастроф в условиях интенсивных внешних возмущений [1–11]. Ниже рассмотрена задача оценки динамической непотопляемости на основе модифицированной системы итерированных функций (СИФ) [2–7] в задачах идентификации, аппроксимации и прогноза аварийного судна как нелинейной нестационарной системы (NN-система). Теоретический анализ особенностей функционирования модифицированной СИФ проведен с использованием интерпретации множества достижимости [11] на основе обобщенного принципа диссипации Н.Н.Моисеева [4] и конкурирующих вычислительных технологий в условиях неопределенности и неполноты исходной информации [5–7]. Принципиальной особенностью, определяющей динамику аварийного судна на волнении, является возможность интерпретации текущей ситуации на основе концепции минимальной длины описания А.Н.Колмогорова [1] и принципа сложности [10], а также выработки управляющего воздействия в зависимости от состояния аварийного судна на каждом шаге эволюции системы с использованием фрактального анализа [8] и теории энтропийных потенциалов [3].

Рассматриваемый вычислительный комплекс контроля динамической непотопляемости [2] реализует сложное преобразование информации с использованием формализованной модели знаний на основе теории экстренных вычислений [7]. Теоретический базис преобразования информации в сложных динамических средах реализован в рамках фундаментальной модели катастроф [5–7].

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ДИНАМИКИ АВАРИЙНОГО СУДНА

Концептуальная модель вычислительного комплекса определяет решение задач анализа и прогноза развития аварийных ситуаций с помощью GN-системы, интегрирующей графоаналитическую и нейродинамическую системы:

$$GN = \langle G(\text{Iden}), G(\text{Appr}), G(\text{For}) \rangle; \quad (1)$$

$$G(\text{Iden}) = \langle G(\text{Env}), G(\text{DO}) \rangle; \quad (2)$$

$$G(\text{For}) = \langle G(\text{Beh}), \{G(\text{Env}), G(\text{DO})\} \rangle; \quad (3)$$

где кортеж  $\langle \bullet \rangle$  характеризует граф-структуры задач контроля динамики аварийного судна: идентификация  $G(\text{Iden})$ , аппроксимация  $G(\text{Appr})$ , прогноз  $G(\text{For})$  текущей ситуации –  $G(\text{Beh}), G(\text{Env}), G(\text{DO})$  – структуры, определяющие эволюцию аварийного судна, параметры внешней среды и объект моделирования.

В соответствии с концепцией динамической модели катастроф [5] граф-структура  $G(\text{Beh})$  реализует принцип интерпретации динамической непотопляемости на основе фрактальных структур [10] в виде эллиптических отображений [5–7] (рис. 1).

Формальная модель аттракторных и фрактальных множеств GN-системы определяется кортежем

$$G(\text{Beh}) = \langle G(\text{Attr}), \quad (4)$$

$$G(\text{Attr}) = \langle G(\text{Stab}), G(\text{Cap}) \rangle, \quad (5)$$

где  $G(\text{Attr})$  – аттракторные множества;  $G(\text{Stab}) \in F_R(\Omega)$  – фрактальное множество, формирующее движение аварийного судна к целевому аттрактору;  $G(\text{Cap}) \in F_R(\Omega)$  – фрактальное множество при потере плавучести и устойчивости (возникновение катастрофы).

# ДИНАМИЧЕСКАЯ НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ МОРСКИХ СУДОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИТЕРИРОВАННЫХ ФУНКЦИЙ

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.,

О.Н. Петров, канд. техн. наук, доцент, СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 369 6337

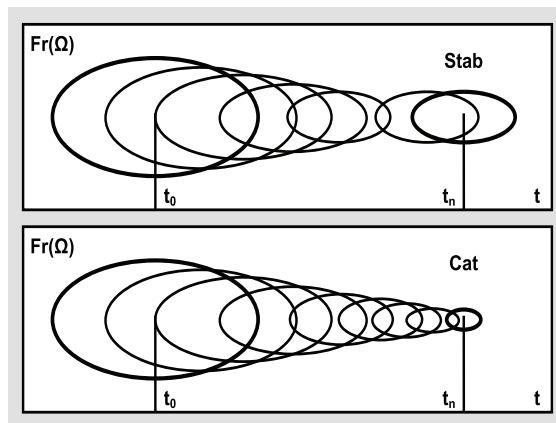


Рис. 1. Фрактальные множества  $Fr(\Omega)$ , определяющие динамику аварийного судна при движении к целевому аттрактору «Stab» и при потере устойчивости «Cat» (возникновение катастрофы)

Основной принцип, заложенный в структуру алгоритмов интерпретации динамики GN-системы, состоит в разработке некоторой универсальной модели, представленной в рамках концепции минимальной длины описания А. Н. Колмогорова [9] и теории сложности [10]. Стратегия такого эксперимента является типичной для алгоритмов реального времени и состоит в рациональном накоплении информации для обеспечения заданной точности получения окончательного результата на выходе GN-системы. Вычислительная технология предусматривает использование «скользящего окна», которое формируется в процессе выполнения операций обработки информации на основе модифицированной СИФ [2, 7]:

$$J(X) \rightarrow J_1(X) \rightarrow J_2(X) \rightarrow J_3(X) \rightarrow W_1(X), \dots, W_N(X), \quad (6)$$

где  $J(X)$  – вектор, определяющий поток информации после инициализации алгоритма;  $J_1(X), \dots, J_3(X)$  – поток информации на первом – третьем шагах работы алгоритма;  $W_1(X), \dots, W_N(X)$  – поток информации при движении «скользящего окна».

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СИФ

Алгоритмы, основанные на теории СИФ [2, 7], отличаются независимостью полученного результата (сформированного аттрактора) от выбора начального множества  $E_0$ . Для построения СИФ вводится совокупность сжимающих отображений

$$T_1(S_1 < 1), T_2(S_2 < 1), \dots, T_m(S_m < 1), \quad (7)$$

действующих в пространстве  $R_n$ . Эти многообразия используются для построения сжимающего отображения  $T$  в пространстве всех компактов из  $R_n$  с использованием преобразования Хатчинсона [2]:

$$T(E) = T_1(E) \cup T_2(E) \cup \dots \cup T_m(E). \quad (8)$$

Проблема использования СИФ при интерпретации динамической непотопляемости на основе GN-системы состоит в проверке возникновения экстремального значения функ-

ции интерпретации в процессе эволюции аварийного судна. Для этого процедуры построения сжимающего многообразия СИФ (8), определяющие функцию управления, дополняются интерпретирующей функцией (рис.2):

$$F(\text{Int}) = F(\text{Fib}), F(\text{ND}), \quad (9)$$

где  $F(\text{Fib})$  – алгоритм Фибоначчи [5, 9], с помощью которого реализуется контроль появления экстремума на очередной итерации;  $F(\text{ND})$  – функция интерпретации ND-системы, обеспечивающая адаптацию фрактальной эллиптической структуры в заданной точке итерации на основе нейронечеткого (NF-система) и нейроэволюционного (NE-система) моделирования.

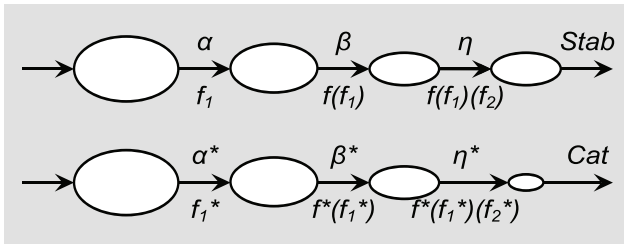


Рис. 2. Модель модифицированной СИФ, отображающая эволюцию NN-системы

На рис. 2 использованы следующие обозначения:  $(\alpha, \beta, \eta)$  и  $(\alpha^*, \beta^*, \eta^*)$  – ограниченные операторы, реализующие функцию интерпретации на итерациях СИФ в процессе движения к целевому аттрактору (Stab) и при потере устойчивости (Cat);  $f_1, f(f_1), f(f_1)(f_2)$  и  $f_1^*, f^*(f_1^*), f^*(f_1^*)(f_2^*)$  – функции управления в модифицированной модели СИФ.

Реализация концептуальных решений при функционировании модифицированной модели СИФ представлена на рис. 3. Здесь дается содержательная интерпретация функциональной и интерпретирующей компонент модели СИФ при реализации потока информации динамической модели катастроф в мультипроцессорной вычислительной среде. Управляющая модель построена на основе технологий СИФ, а интерпретирующая модель – с использованием ND-системы.



Рис. 3. Концепция высокопроизводительных вычислений интеллектуального комплекса ND-моделирования СИФ на основе динамической модели катастроф

## ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВА ДОСТИЖИМОСТИ НА ОСНОВЕ СИФ

Функциональный анализ модифицированной СИФ проведен с использованием эллиптической интерпретации множества достижимости [7]. Принципиальным аспектом, определяющим динамику взаимодействия в рамках такой интерпретации, является возможность выработки управляющего воздействия в зависимости от достоверности оценки состояния системы на каждом шаге эволюции. Такая оценка выполняется с помощью эллиптического отображения на основе конечно-разностного дифференциального уравнения

$$X(t_{i+1}) = F(x(t_i), u(t_i), t_i), \quad (10)$$

$$t_0 < t_1 < \dots, \quad t = 0, 1, \dots$$

Здесь  $x \in R^n$  – вектор фазовых координат;  $F(\cdot)$  – функция своих аргументов;  $U(t_i)$  – замкнутое множество  $R^m$ . Множество  $U(x, t_i)$  для каждого  $i = 0, 1, \dots$  определено при  $x \in Z_i$ , где  $Z_i$  – множество в  $R^n$ , в котором лежат все реализуемые значения вектора  $x(t_i)$ . Функция  $F(x, u, t)$  для каждого  $i$  определена при  $x \in Z$  и  $u \in U(z, t_i)$ , где  $U(z, t_i)$  – объединение множеств  $U(x, ti)$  при  $x \in Z_i$ .

Используя внутреннюю и внешнюю эллипсоидальные оценки, получаем искомые двусторонние оценки для исходной системы (10). При реализации парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде [5, 7] на основе модифицированной модели СИФ в качестве конкурирующей вычислительной технологии используется нейродинамическая модель (ND-модель), включающая нейронечеткую (NF-модель) и нейроэволюционную NE-модель. Как показывают результаты моделирования [6, 7], эта система дает существенные преимущества в условиях значительной и полной неопределенности исследуемого динамического процесса. Преимущества рассмотренного подхода получения двусторонних эллипсоидальных оценок для множества достижимости при интерпретации NN-систем проявляются только в условиях слабой неопределенности, описание которой достигается с помощью модели (10) в случае незначительной нестационарности процесса взаимодействия. На основе этих особенностей ниже рассмотрены задачи идентификации, аппроксимации и прогноза динамики аварийного судна в рамках ND-моделирования.

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИФ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Решение задачи идентификации при контроле динамики NN-систем ведется с помощью нейросетевых ансамблей и интегрированных нейронных сетей [5, 7]. Структура нейросетевого ансамбля реализована в задаче идентификации текущей ситуации и при построении классификатора эталонных моделей для оценки экстремальных ситуаций и спектров внешнего возмущения (рис. 4). Ансамбль состоит из группы радиально-базисных (RBF) сетей, воспринимающих информацию от измерительной системы. Каждая сеть имеет  $m$  входов, на которые подается вектор измерений  $X_1, \dots, X_m$  (вектор состояния) и два параметра на выходе (1 – нормальное состояние, 0 – отказ). Если на выходе сети обнаружен отказ, то это свидетельствует о том, что поданный на нейросетевую ансамбль сигнал не соответствует ни одному из принятых эталонов, то необходимо либо переобучить нейросетевую ансамбль на восприятие сложных образов, либо перейти к структуре, представляющей собой интегрированный нейросетевой комплекс.

Решение задачи преобразования информации в таком комплексе достигается за счет разделения функций нейросетевого ансамбля при интерпретации экстремальных ситуаций путем рационального сочетания преимуществ RBF-се-



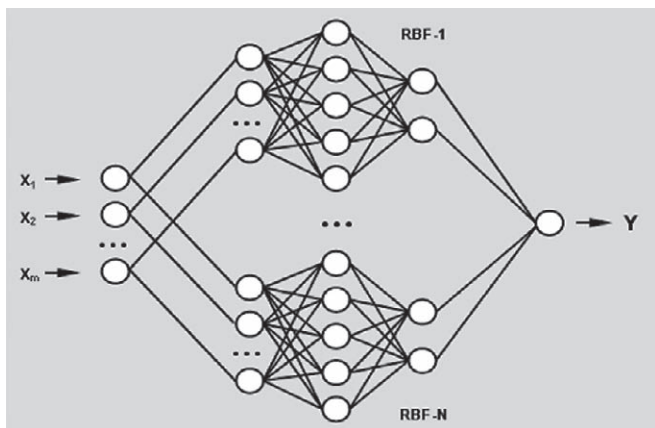


Рис. 4. Нейросетевой ансамбль, реализующий модели оценки текущей ситуации и соответствующего климатического спектра морского волнения

тей, многослойного персептрона и самоорганизующейся сети Кохонена. Первый входной слой представлен набором RBF-сетей, обеспечивающих фильтрацию данных, второй промежуточный слой – персептрон, выполняет функцию концентратора, а выходной слой – самоорганизующаяся сеть Кохонена, реализует задачу классификации данных.

Результаты ND-моделирования при реализации функций интерпретации и управления модифицированной СИФ представлены на рис. 5. Здесь рис. 5, а отображает интерпретацию поведения NN-системы с помощью кругов Эйлера. Три концентрично вложенных круга Эйлера определяют информационные границы для оператора по способам формирования управляющих решений [1–3] на основе идентификации аварийной ситуации. Рис. 5, б, в отображают когнитивные спирали [3] в задаче распознавания экстремальных ситуаций в случае сложной динамики аварийного судна при асимметричном (б) и симметричном (в) затоплении отсеков аварийного судна на волнении.

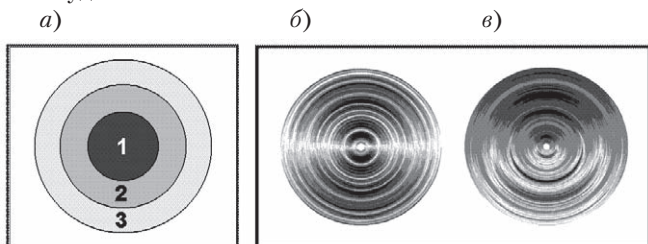


Рис. 5. Когнитивные структуры: а – круги Эйлера, б, в – когнитивные спирали

### МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИФ В ЗАДАЧАХ АППРОКСИМАЦИИ

Формализация понятий и знаний при взаимодействии аварийного судна с внешней средой на основе модифицированной СИФ реализуется с помощью механизма логического вывода в режиме реального времени на основе NF-системы [6-7]. Система представлена в виде нейронечеткой сети (рис. 6), в которой первый слой L-1 обеспечивает фазификацию входных сигналов ( $x, y$ ) и содержит две функции принадлежности (ФП) условий  $A_1$  и  $B_1$ . Второй слой L-2 осуществляет умножение входных параметров с целью реализации операции. Третий слой L-3 вычисляет отношение веса заданного правила к сумме весов  $w$  всех правил. В четвертом слое L-4 вычисляются выходы для каждого правила, пятый слой L-5 вычисляет общий выход системы как сумму сигналов.

Как видно из рис. 6, функции NF-системы изменяются от узла к узлу и зависят от текущей ситуации и решаемой задачи. Наиболее сложную функцию реализует адаптивный узел с параметрами, изменяющимися в процессе обучения.

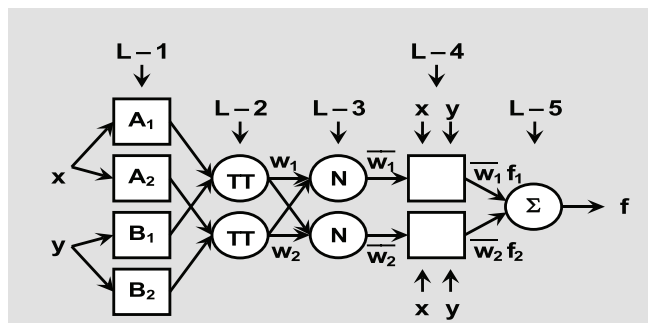


Рис. 6. Многослойная нейронечеткая сеть, реализующая механизм нечеткого вывода

Более простая функция характерна для постоянных узлов, параметры которых сохраняются неизменными в процессе обучения. Нейроны первого слоя содержат ФП, которые отражают степень, с которой входные параметры удовлетворяют лингвистическому значению, соответствующему данному узлу.

Наличие измерительной информации при функционировании вычислительного комплекса позволяет использовать нейросетевые модели в задачах нейроаппроксимации и нейропрогноза, а также при выявлении «скрытых» знаний в рамках концепции Data Mining (рис. 7).

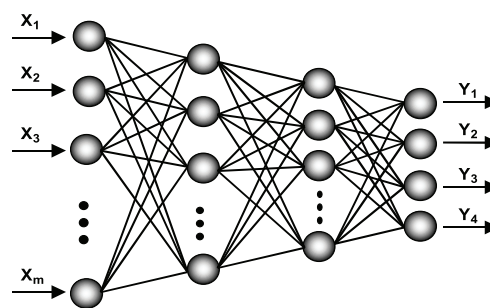


Рис. 7. Нейроаппроксимация аварийной ситуации с использованием четырех выходных факторов

Приведенная на этом рисунке нейросетевая модель представляют собой топологию многослойного персептрона, реализующего контроль динамики аварийного судна в процессе эволюции текущей ситуации. В качестве выходных параметров (факторов) используются равновесные параметры аварийного судна (крен, дифферент, осадки носом и кормой). Структура этой модели реализует также прогноз безопасной скорости и курсового угла волны (два выходных фактора) в зависимости от интенсивности внешних возмущений. Задачи нейроаппроксимации решаются в рамках принципа конкуренции.

### МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИФ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ

В связи со сложностью задачи многорежимного управления при прогнозе динамики аварийного судна в сложных условиях рассматривают одношаговый и многошаговый нейропрогноз. Одношаговый прогноз осуществляется только на один шаг вперед и используется для краткосрочных прогнозов. Результатом прогноза является не только конкретное значение, но и класс, к которому принадлежит переменная [6]. Многошаговый прогноз используется для реализации долгосрочного прогноза и предназначен для определения основного тренда и главных точек изменения тренда для некоторого промежутка времени в будущем. Прогнозируемая система использует полученные (выходные) данные  $y[k+1]$  в качестве входных данных для прогнозирования на моменты времени  $k+2, k+3$  и т. д. Процесс построения прогнозирующей модели предусматривает предварительное определение количества используемых

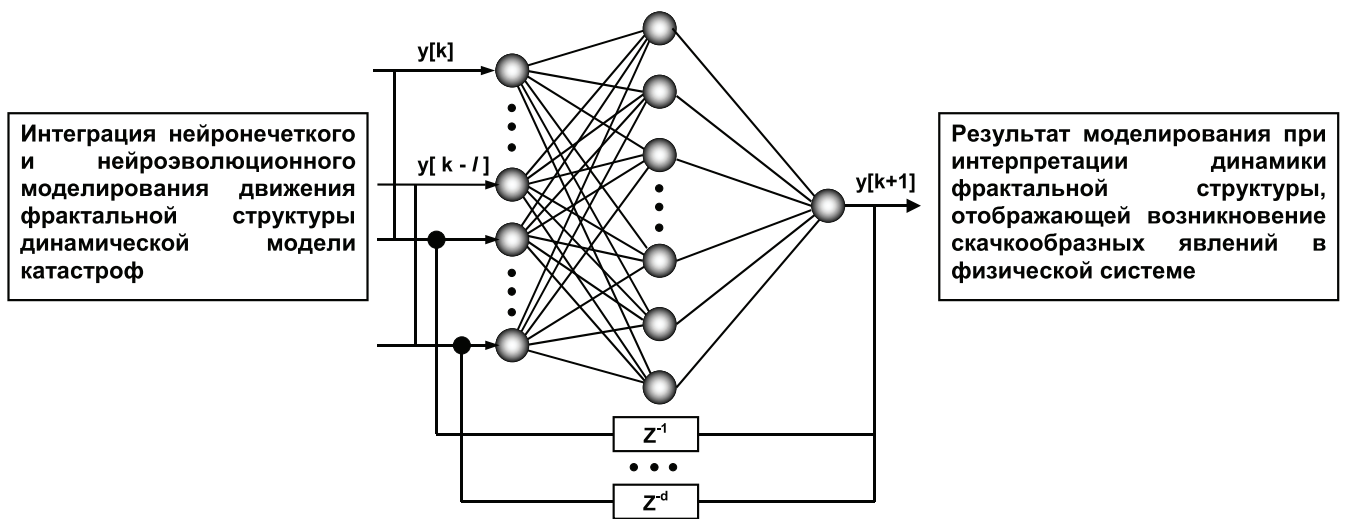


Рис. 8. Нейросетевой предиктор, реализующий стратегию прогнозирования динамики аварийного судна

элементов временного ряда и ошибок прогноза в соответствии с общей стратегией прогнозирования на основе фрактальной структуры модифицированной СИФ (рис. 8). Процедуры СИФ построены в рамках моделирования с учетом возникновения скачкообразных явлений в параметрах аварийного судна. После выполнения этих операций схема построения нейронной сети включает решение задач структурного и параметрического синтеза.

Большой практический интерес для глубокого понимания сложной динамики аварийного судна представляет изучение существенных изменений закономерностей процессов взаимодействия и их прогнозирование в процессе развития аварии. Рассматриваемая модель предполагает обнаружение моментов времени возникновения скачкообразных явлений при интерпретации эволюции аварийного судна при движении к целевому аттрактору. В предельном случае, когда наблюдается «скачок» – потеря плавучести и устойчивости (возникновение катастрофы), появляется необходимость смены предиктора. Такая задача решена с помощью нейросетевой модели.

Положение минимума можно установить, используя план Фибоначчи [9]. Последовательность определения критического момента времени с использованием чисел Фибоначчи предусматривает совместное использование экспериментальных данных от датчиков измерительной системы и от аналитической компоненты динамической модели катастрофы [5–7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное развитие компьютерных технологий открывает возможности разработки теоретического базиса системы интеллектуальной поддержки оператора интеллектуальной системы контроля динамики аварийного судна на основе современной теории катастроф. Использование достижений интеллектуальных технологий в рамках парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде при интерпретации взаимодействия аварийного судна с внешней средой позволяет сделать следующие выводы:

- выделены основные направления использования моделей СИФ, наиболее полно отражающих особенности поведе-

ния аварийного судна в условиях непрерывного изменения динамики внешней среды;

- разработаны модели приложения концепция динамической теории катастроф при геометрической и аналитической интерпретации динамики аварийного судна при различном уровне внешних возмущений.
- сформулированы принципы реконструкции моделей временных рядов, на базе которых формируется информационный предиктор в задачах прогнозирования динамики аварийного судна с использованием GN-системы, функционирующей в условиях неопределенности и неполноты исходной информации в нестационарной среде.

На основе концепции GN-систем разработан математический аппарат геометрической и аналитической интерпретации текущих ситуаций при комплексном использовании достижений современной компьютерной математики и средств высокопроизводительных вычислений. Результаты проведенных исследований доложены на Международном конгрессе в Эдинбурге (Великобритания) в июне 2015 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987.
2. Кронвер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. – М.: Техносфера, 2000.
3. Лазарев В.Л. Теория энтропийных потенциалов. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2012.
4. Моисеев Н.Н. Избранные труды. – М.: Тайрекс Ко, 2003.
5. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011.
6. Нечаев Ю.И., Петров О.Н. Непотопляемость судов: подход на основе современной теории катастроф. – СПб.: Арт-Экспресс, 2014.
7. Нечаев Ю.И. Топология нелинейных нестационарных систем: теория и приложения. – СПб.: Арт-Экспресс, 2015.
8. Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. – М.: Мир, 1993.
9. Помехоустойчивые коды: Компьютер Фибоначчи. – М.: Знание. – 1989. – Вып.6. Радиоэлектроника и связь.
10. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. – М.: Наука, 1990.
11. Черноуско Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем: метод эллипсоидов. – М.: Наука, 1988. ■



**С**удостроение – одна из наиболее важных отраслей промышленности любой страны. Аккумулируя в своей продукции достижения большого числа смежных отраслей промышленности (металлургии, машиностроения, электроники и т. п.), судостроение одновременно стимулирует развитие этих отраслей, достижение ими высокого научно-технического уровня. Можно сказать, что, с одной стороны, судостроение – это индикатор уровня развития экономики государства, с другой – стимулирующее звено экономического развития.

Судостроение относится к единичному или в лучшем случае к мелкосерийному производству. Вместе с тем судно любого назначения является чрезвычайно сложным изделием. Процессы его проектирования и строительства сложны по своему содержанию и значительны во времени. Подготовка производства для строительства судов нового проекта на судостроительных предприятиях представляет собой совокупность сложных взаимосвязанных процессов, требующих высокого уровня организации в согласовании действий большого количества коллективов – участников создания судна при решении широкого комплекса вопросов.

Уровень сложности современных кораблей, судов и особенно объектов оффшорной морской техники настолько высок, что без поиска и применения новых технологий и новых методов организации процессов проектирования и строительства успеха достичь сложно или, честно говоря, невозможно. Приступая к реализации больших проектов, всегда необходимо глубоко анализировать имеющиеся собственные ресурсы, собственный опыт аналогичных работ, а также опыт самых передовых судостроителей во всем мире. Это очень важно, особенно когда вы осознаете, что реализация такого проекта собственными силами и традиционными методами, является задачей чрезвычайно сложной и труднорешаемой.

Самыми первыми шагами на пути решения большой задачи, как всегда, становится разделение, раздробление на несколько частей поменьше и решение этих частей отдельно, но взаимосвязанно с другими, причём решение отдельных задач можно отдать партнерам по кооперации. Относительно объектов морской техники обычно разделяют большой объект на несколько объектов поменьше, в виде блоков или модулей, параллельное строительство этих блоков или модулей и последующая их интеграция в единую систему или объект.

Такой метод строительства сложных объектов морской техники задает главное направление развития технологии и организации судостроительного производства, которым является совершенствование методов проектирования и постройки. Это направление сегодня обеспечивается как уровнем существующих на рынке технологий проектирования судов и информационных технологий управления производством, так и накопленным опытом российских и зарубежных судостроительных компаний.

«Выборгский судостроительный завод» всегда был первопроходцем во внедрении новых технологий строительства судов и оффшорных платформ. Еще в 80-е гг. на заводе были внедрены первые машины тепловой резки с ЧПУ. Одними из первых в России завод внедрил систему автоматизированного проектирования судов и технологической подготовки произ-

## КРУПНОБЛОЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО СУДОВ КАК РЕШЕНИЕ ДЛЯ БОЛЬШИХ И СЛОЖНЫХ ПРОЕКТОВ В СУДОСТРОЕНИИ

*А.С. Соловьев, ген. директор ПАО «Выборгский судостроительный завод»,  
контакт. тел. (81378) 28686*



*Вывоз блока ледокола «Владивосток» пр. 21900М из цеха на стпель*

водства FORAN, а также среди первых в России внедрил систему компьютерного планирования PRIMAVERA.

За последние годы мы внедрили самую современную технологию на линии первичной обработки металлопроката, установили новые машины тепловой резки и линию резки профиля, которые обеспечивают с небольшим запасом наши потребности и соответствуют самым высоким технологическим стандартам. Было обновлено крановое оборудование на участках сборки секций для обеспечения требуемой грузоподъемности, построены и запущены в эксплуатацию окрасочные камеры, соответствующие самым высоким требованиям к технологии и экологии, позволяющие нам выполнять окраску крупных блоков.

Вследствие ограничений площадей окончательной сборки судов мы оборудовали площадки для укрупнения блоков и ввели в эксплуатацию современные средства их доставки от участка формирования, насыщения или хранения до площадки, на которой происходит формирование цельного корпуса судна, что позволило сократить стпельный период. Как наиболее приемлемыми были выбраны самоходные модульные транспортеры на пневматическом ходу. Заводом были закуплены выбранные транспортные средства и частично проведена реконструкция путей перевозки крупногабаритных блоков с увеличением их максимальной нагрузки.

Эксплуатирующаяся на заводе док-камера не позволяла нам строить и спускать на воду суда шириной более 18 м. Получив заказ на строительство ледоколов, завод спроектировал и построил спусковую баржу-площадку, позволяющую вести сборку и спуск на воду корпусов весом до 8600 т. Работа с блоками обеспечивается и причальными кранами и плавучим краном, что позволяет подъем блоков весом до 300 т, а также достаточную маневренность и возможность оптимизировать технологию сборки корпуса на барже-площадке.

Все успехи завода были достигнуты благодаря собственным стараниям на протяжении всей истории его деятельности и успешной кооперации с российскими и зарубежными партнерами.

Исходя из производственной программы последних лет и технологических возможностей, «Выборгский судострои-

тельный завод» сконцентрировал свои усилия на освоении и развитии новой технологии – технологии крупноблочного строительства судов.

Общая тенденция мирового судостроения, которая проявилась не сегодня и не вчера, а десятилетия назад, с началом строительства сложных и гигантских контейнеровозов, нефтеналивных танкеров, газовозов, добычных и перерабатывающих судов и платформ, состоит в увеличении водоизмещения этих судов и плавучих сооружений. Масштабы таких проектов, на первый взгляд, трудно осознать. Сложно спланировать ресурсы, затраты и сроки строительства таких объектов, а еще сложнее организовать все работы таким образом, чтобы достичь наибольшей эффективности. Сокращение времени строительства выходит на первый план при необходимости сокращения затрат. Существует несколько способов сокращения сроков строительства таких объектов морской техники, но одно из самых перспективных направлений – это крупноблочное строительство.

### **КРУПНОБЛОЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО СУДОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ПРИНЦИПЫ, ПОДХОДЫ**

В самом названии технологии заложены суть и особенность строительства, которые заключаются в сборке судов и плавучих сооружений на стапельном месте из минимально возможного числа блоков, максимально возможного размера и веса.

Официальной терминологии для технологии крупноблочного строительства на данный момент нет, однако среди специалистов в обиходе ряд таких терминов, как *макроблок* весом 300–500 т; *гранд-блок* весом около 1000 т; *мегаблок* весом около 3000 т и более.

Технология крупноблочного строительства предполагает максимально возможное насыщение блоков до стапельного периода. Из этого вытекает практически неизбежное изменение общей технологии строительства, которая существенно отличается от технологии, использовавшейся на отечественных заводах во второй половине XX в.

Очень важным являются правильное планирование и полноценная технологическая подготовка производства. Не менее важны и общие организационные мероприятия, позволяющие вести 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 особенностей. Наши специалисты 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 были выявлены определенные закономерности, которыми мы и руководствовались при определении размеров наших макроблоков, учитывая свою производственную программу, объемы производства и характеристику стапельных мест окончательной сборки судов. Исходя из нашей программы строительства и наших технологических возможностей, на настоящий момент технически и экономически обоснован максимальный вес макроблока на ПАО «Выборгский судостроительный завод» в 300 т.

### **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ КРУПНОБЛОЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВ**

Технология крупноблочного строительства – один из основных трендов современного мирового судостроения. Именно она в значительной степени обеспечила скачок в развитии

судостроительной промышленности, например, Кореи и Китая в 1990 – 2000-х гг. В настоящее время мы наблюдаем очередной этап эволюции в технологическом развитии ведущих судостроительных компаний, заключающийся в переходе от технологии формирования корпуса из гранд-блоков весом около 1000 т к мегаблокам весом около 3000 т.

Рассматривая историю зарождения крупноблочного строительства, можно с уверенностью сказать, что основы такой технологии в определенной степени появились как следствие решения ряда проблем, возникших при востребованной кооперации между производителями в рамках реализации масштабных судостроительных проектов. Например, в США в период осуществления большой судостроительной программы военного времени (1939–1944 гг.) судовые конструкции изготавливались на металлургических заводах Бирмингема и доставлялись автотранспортом на судостроительные предприятия, расположенные в Новом Орлеане, на расстоянии 360 миль. После рассмотрения структуры и объема затрат на изготовление и транспортировку было принято решение об укрупнении конструкций на металлургических заводах и транспортировке водным путем укрупненных блоков весом около 200 т. В описанном случае укрупнение блоков было обосновано удобством и эффективностью транспортировки.

Укрупненные стальные блоки судов также изготавливались на разных верфях Германии, Дании и Италии в 70-х и 80-х гг., при строительстве серийных крупнотоннажных судов с целью значительного сокращения докового или стапельного периодов.

С середины 80-х гг. крупноблочное строительство стало внедряться и развиваться в таких крупных судостроительных корпорациях, как «Kvaerner» и «Aker», которые имели свои судостроительные верфи во многих странах Европы и США. Это стало возможным благодаря значительным работам, проведенным внутри корпораций, для унификации технологий проектирования, подготовки производства, управления проектами и самих производственных технологий на всех предприятиях независимо от страны [3]. Внедрение методов и подходов крупноблочного строительства значительно расширило возможности кооперации предприятий внутри корпораций при реализации больших проектов крупнотоннажных судов и оффшорных платформ. Для технического обеспечения крупноблочного строительства были разработаны и введены в эксплуатацию краны большой грузоподъемности, от 600 т и более, типа Goliath, и многоосные системы транспортеров на пневматических колесах.

К сожалению, в России ни на одном из судостроительных заводов данная технология до сих пор не используется в качестве основного производственного процесса. Лишь некоторые верфи используют в качестве основной технологию сборки корпусов из укрупненных блоков. В большинстве же случаев корпуса формируются практически из секций весом до 100 т. Такая технология строительства давно считается устаревшей, а ее существование объясняется либо отсутствием крупнотоннажных судов в программах строительства, либо стремления к совершенствованию и развитию.

Большинство восточных верфей, в Корею и Китае, были построены тогда, когда принципы и подходы к технологии крупноблочного строительства были известны и была положительно оценена их практическая целесообразность. В проектах этих верфей изначально были заложены краны и транспортеры большой грузоподъемности, а также технологические линии, нацеленные на производство крупных блоков. Это позволило азиатским верфям практически полностью занять нишу строительства крупнотоннажных судов и стать лидерами по объемам производства. Так, например, нынешние темпы строительства крупнотоннажных судов на верфи «Samsung» (годовой объем обработки металла – около 1 млн. т, производительность верфи – до 54 судов дедевейтом от



150 тыс. т и выше) были достигнуты именно за счет перехода к технологии сборки корпусов из мегаблоков максимальным весом до 3000 т.

## ОПЫТ КРУПНОБЛОЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

В «Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу» констатируется: «Существенно отстает общий уровень технологии и организации работ по сравнению с зарубежными передовыми предприятиями. В результате удельная трудоемкость производства в отрасли в 3–5 раз выше, чем за рубежом, а продолжительность постройки судов в 2–2,5 раза больше. На судостроительных заводах мало применяются современные методы крупноблочного строительства в связи с отсутствием кранов большой грузоподъемности (600, 900, 1100 т)». [1].

В государственной программе РФ «Развитие судостроения на 2013–2030 годы» намечено создание производственных мощностей, обеспечивающих строительство, ремонт и модернизацию современных крупнотоннажных судов и объектов морской техники [2].

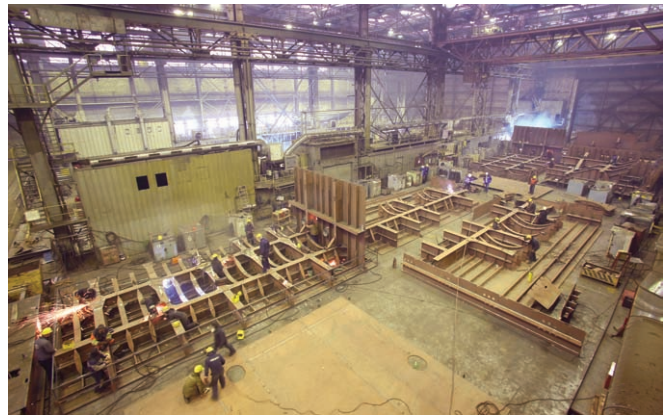
В настоящее время в кораблестроении предприятия России прочно занимают второе место в мире, охватывая 12% мирового рынка. Государственная поддержка должна привести к 2025 г. российское судостроение на шестое место по объему строительства гражданского флота. Такая задача поставлена государством, и в настоящее время как на предприятиях ОСК, так и в других судостроительных компаниях ведутся работы по совершенствованию организационной структуры и процессов производства, развитию производственной базы предприятий, налаживанию кооперации между ними. Внедрение и развитие технологии крупноблочного строительства является одним из решений поставленных выше задач.

Отдельные примеры успешного использования подходов крупноблочного строительства есть и в российском судостроении. Один из таких примеров – технология постройки МЛСП «Приразломная» на ПО «Севмаш».

Еще в 2003 г. в целях ускорения постройки платформы и оптимизации логистики процессов общей сборки ПО «Севмаш» было принято решение разместить на «Выборгском судостроительном заводе» вспомогательный (энергетический) модуль МЛСП. Позднее, в 2007 г., на «Выборгский судостроительный завод» был передан и жилой модуль платформы, где объем выполняемых работ был значительно увеличен.

Примечательно, что эти работы представляли собой не просто субподряд на изготовление корпусных конструкций с той или иной степенью насыщения, а полноценный turn-key контракт. Такая кооперация и по сегодняшний день является достаточно редким явлением для российской судостроительной практики, хотя может служить примером реальной межфирменной кооперации.

В объем работ «Выборгского судостроительного завода» входило проектирование на основе ТЭО проекта и исходных технических требований (ИТТ), предоставленных ПО «Севмаш», непосредственно постройка модулей с полным их насыщением и монтажом всего необходимого оборудования, закупка большей части материалов и оборудования (частично также поставлявшегося ПО «Севмаш»), пусконаладочные работы (в автономном режиме), доставка и погрузка модулей на МЛСП, а также участие в пусконаладочных работах на этапе комплексных испытаний. В самом начале проекта было принято важное и стратегическое решение о проектировании всех частей платформы в одной CAD/CAM системе, с единой базой данных и единой моделью. Совместимость интерфейсных зон было обеспечено высоким уровнем проработки конструкторской документации на базе 3D-модели. Графики выполнения всех работ по проектированию, закупкам, постройке, транспортировке и монтажу на окончательное место были скоординированы и отвечали требованиям генерального графика стро-



**Строительство ледокола «Владивосток» пр. 21900М в сборочно-сварочном цеху**

ительства и сдачи МЛСП «Приразломная» в эксплуатацию. Основной объем работ по строительству платформы выполнялся на ПО «Севмаш», однако конечный результат зависел от всех участников этого значительного проекта.

Строительство модулей осуществлялось в Выборге традиционным для завода методом – из крупных блоков весом до 300 т, частично насыщенных и полностью окрашенных, с применением заводского плавкрана соответствующей грузоподъемности.

Готовые блоки собирались в объем непосредственно на барже-площадке в два мегаблока весом около 2000 т каждый. Там же проводились и монтаж оборудования, зашивка помещений и отделка кают, а также пусконаладочные работы. Для выполнения работ непосредственно на нашем заводе был развернут участок подготовки материалов и оборудования жилых помещений, в том числе санитарно-технических кабин.

Примечательно, что все работы велись в тесном взаимодействии с группой наблюдения генерального подрядчика (ПО «Севмаш») и, при необходимости, заказчика («Газпром-НефтьШельф»). Для всех участников проекта было важно обеспечить окончательную сборку в Северодвинске без большого объема подгоночных работ, для чего контроль качества дополнительно осуществлялся отдельной группой специалистов, оснащенных соответствующим современным контрольно-измерительным оборудованием. Спланированные и принятые организационные и технические мероприятия дали ожидаемый положительный эффект, обеспечив минимальные объем подгоночных работ при окончательной сборке такого сложного комплекса.

Принцип крупноблочного строительства успешно был реализован также при выполнении операций транспортировки и погрузки модулей на МЛСП «Приразломная». Баржи с готовыми модулями (мегаблоками) морским путем были доставлены из Выборга в Северодвинск, где их погрузили на МЛСП с помощью специально арендованного «Выборгским судостроительным заводом» плавкрана RAMBIZ (Бельгия) грузоподъемностью 3300 т.

Вышеописанный пример реальной кооперации еще раз подтверждает, что данное направление является одной из наиболее перспективных тенденций в технологическом развитии современного российского судостроения. Кооперация в таких проектах вынуждает партнеров к принятию унифицированных и стандартизованных подходов к планированию и исполнению работ, взаимно развивает знания, технологии и методы управления сложными проектами. На всех стадиях проектирования и технологической подготовки производства выгода обеспечивается главным образом использованием информации из CAD/CAM систем, а также типовых технологических процессов, разрабатываемых на основе унификации и стандартизации конструкций, особенно в интерфейсных зонах. Очевидно, что организованная таким образом кооперация,

с применением технологий крупноблочного строительства, практически всегда дает существенный положительный эффект прежде всего в повышении производительности труда и сокращении сроков постройки.

### ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО КРУПНОБЛОЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВ

Безусловно, строительство корпусов крупными блоками позволяет значительно сократить сроки строительства, а также расширить возможности кооперации предприятий, но значительно больший эффект можно получить тогда, когда эти блоки полностью насыщены и окрашены окончательно. Такие блоки можно назвать *интегрированными крупными блоками*. Технология строительства такими блоками на настоящий момент актуальна и востребована.

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

Необходимость разработки теории, принципов и подходов разработки, внедрения и развития таких технологий является актуальной. Для решения этой задачи необходимо провести анализ опыта крупноблочного строительства судов и плавучих сооружений на российских и зарубежных верфях, а также разработать:

- типовую стратегию строительства судов на предприятии;
- полную и детальную функциональную модель судостроительного производства;
- типовые технологические процессы по всем видам производств в обеспечение технологии интегрированного крупноблочного строительства;
- структурную модель типового интегрированного крупного блока;
- типовую структуру информационной модели судна и требования к виду и структуре проектной и технологической документации, а также к транспортным информационным массивам;
- разработать и внедрить систему планирования и управления технологическими процессами судостроительного производства в обеспечение технологии интегрированного крупноблочного строительства судов и оффшорных платформ;
- разработать и внедрить систему управления качеством в обеспечение технологии интегрированного крупноблочного строительства судов и оффшорных платформ.

Изученный опыт зарубежных верфей и проведенные на настоящий момент исследования и практические работы показывают, что для внедрения технологии интегрированного крупноблочного строительства, впрочем, как и других прогрессивных технологий, необходимо в целом поднять информационный, технический и организационный уровень предприятий нашей судостроительной промышленности.

В первую очередь следует:

- создать судостроительный информационный портал с размещением на нем информации по действующим судостроительным стандартам, материалам и комплектующим, изделиям машиностроительной части и судовому оборудованию, технологическому оборудованию, системам проектирования и подготовки производства и т. д.;
- разработать и внедрить новые отраслевые судостроительные стандарты взамен разработанным в советские времена;
- разработать и внедрить новые стандарты типовых кон-

структивных решений, аналогичных рабочим альбомам типовых конструкций (РАТК) с учетом современной ситуации техники, материалов и технологий;

- разработать и внедрить стандарты по 3-мерному проектированию и подготовке производства, основанных на максимальной унификации и стандартизации конструктивных решений и максимального использования типовых технологических процессов;
- разработать и внедрить отраслевые типовые технологические процессы по всем видам производств;
- развить сварочные технологии и внедрить системы прогнозирования сварочных деформаций конструкций на стадиях проектирования и подготовки производства;
- разработать и внедрить новые стандарты по судовым проверочным работам, с использованием современных средств 3-мерных измерений, дающих возможность подачи блоков на построечное место «в чистый размер»;
- расширить объем использования современных средств механизации и роботизации сборочных и монтажных работ;
- внедрить комплексные системы управления производственными процессами, управления проектами, а также системы управления ресурсами судостроительного предприятия.

Эффективное внедрение новых технологий требует нового, более высокого уровня квалификации менеджеров, инженеров и рабочих. Поэтому должна быть создана многоступенчатая подготовка этих специалистов, включающая помимо базового образования по судостроительным профессиям получение знаний по инновационным технологиям в системе переподготовки кадров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение новых технологий, включая технологию интегрированного крупноблочного судостроения, позволяет значительно сократить трудоемкость и сроки строительства судов и платформ. Внедрение и развитие прогрессивных технологий должны поддерживаться на уровне всех государственных программ развития.

Применяя на практике и внедряя как на отдельных предприятиях, так во всей кооперационной цепочке современные судостроительные технологии, отечественная судостроительная промышленность сможет выйти на качественно новый уровень.

Уровень развития российского судостроения должен стать таким, чтобы можно было строить суда и платформы любых размеров и любой сложности с наивысшим качеством и с самой высокой эффективностью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу».
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы».
3. «Kvaerner Massa Marine», Inc. Shipyard Cost Model Using Activity-Based Costing Methods. (Науч.-исслед. отчет), 1996.
4. Александров В.Л., Перельгин А.В., Соколов В.Ф. Судостроительное предприятие в условиях рынка. – СПб.: Судостроение, 2003.
5. Andritsos Fivos, Perez-Prat Juan. The Automation and Integration of Production Processes in Shipbuilding. (Науч. отчет), 2000.
6. Соловьев А.С., Тарица Г.В. Значимость современных технологий проектирования и информационных технологий управления производством при внедрении и развитии технологии крупноблочного строительства судов. – Мат-лы конф. МОРИНТЕХ-ПРАКТИК. XVI Всеросс. науч.-практ. конф. «Информационные технологии в судостроении, 2015.
7. Соловьев А.С. Кооперация с российскими и зарубежными партнерами по созданию морской техники для освоения Дальневосточного и Арктического шельфа. Мат-лы конф. XV Петербургского междунар. энергетического форума «Offshore marintec RUSSIA», 2015. ■



## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Конструкция иллюминатора высокого давления представляет собой сборку светопрозрачного элемента и обоймы с применением вспомогательных элементов. Материал светопрозрачного элемента обладает свойствами, отличными от свойств обоймы, которая, как правило, выполняется из металла. Вследствие большой разницы значений модуля упругости материалов этих элементов происходит их взаимное смещение при воздействии гидростатического нагружения, что приводит к возникновению касательных напряжений в контактной зоне. В качестве материала светопрозрачного элемента используется неорганическое или органическое стекло. Данные материалы обладают пределом прочности при сжатии выше растяжения и изгиба. Поэтому задача разработчика конструктивными мерами создать благоприятное для данного материала и формы стеклоэлемента напряженное состояние. Надежность стеклоэлемента значительно увеличивается, если при воздействии гидростатического давления он находится в состоянии, близком к всестороннему сжатию.

В работах [1–4] были изложены основные результаты разработки, исследования и изготовления иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом в форме конуса, диска, обложки из органического и неорганического стекла. Общим в конструкции двух последних типов изделий является наличие обжимной шайбы в форме усеченного конуса из материала с модулем упругости, на порядок меньшим этой величины стеклоэлемента. Введение такого элемента, определение и выполнение ряда конструктивных параметров обоймы и технологических параметров при сборке позволяет решить поставленную задачу.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

К основным технологическим параметрам можно отнести первоначальную комбинацию зазоров (натягов) между сопрягаемыми элементами иллюминатора. Окончательную сборку таких изделий выполняют при воздействии гидростатического давления (технологического нагружения). Положительный результат достигается при точном определении и достижении этих величин.

Можно отметить три основных параметра, подлежащих контролю при сборке изделия, на основании которых можно судить о качестве сборки и правильности их задания:

# ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЖИМНЫХ ШАЙБ

*Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,  
А.А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф., коммерческий директор,  
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,  
В.П. Лянзберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник науч. группы МАИ (Национального исследовательского университета),  
контакт. тел. +7 (915) 222 2977*

- величина первоначального зазора между торцевой контактной поверхностью стеклоэлемента и обоймой;
- величина перекоса при их установке;
- значение гидростатического давления, при котором происходит полное соприкосновение торцевой поверхности стеклоэлемента и обоймы.

Первые два параметра в совокупности дают информацию и гарантии герметичности соединения при рабочем давлении, второй – об отклонении передаваемой на стеклоэлемент нагрузки от осесимметричной, а следовательно, о надежности и долговечности изделия. По величине последнего параметра судят о правильности определения натяга между стеклоэлементом и обжимной шайбой. Окончательное соприкосновение сопрягаемых поверхностей должно произойти при давлении, меньшем рабочего. В процессе технологического нагружения при правильном определении технологических параметров не должно быть нарушения герметичности. В противном случае следует уточнить исходные параметры и повторить сборку.

Поставленную задачу позволяет решить специальная малогабаритная испытательная камера, которую используют как на этапе изготовления, заводских и приемо-сдаточных испытаний, так и на этапе экспериментальных исследований. Наблюдения за процессом деформирования и разрушения позволяет сделать вывод о причине разрушения и построить модель для оценки несущей способности. Для этого необходим непосредственный контакт регистрирующей аппаратуры быстротекущих процессов и стеклоэлемента.

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

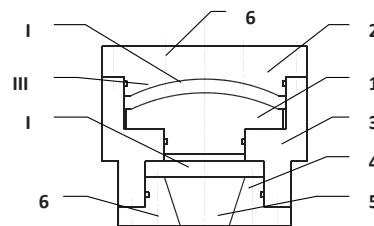


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

В предлагаемой конструкции (рис. 1) камера высокого давления состоит из двух полостей I, II, между которыми устанавливается исследуемый (изготавливаемый) образец (иллюминатор). Поверхность III крышки 2 в полости I должна выполняться по форме, близкой к наружной поверхности иллюминатора, и находиться на минимально возможном от нее расстоянии. В этой испытательной камере производство рабочего давления на объем жидкости меньше величины, установленной контролирующими организациями для ее безопасной эксплуатации.

Основными конструктивными элементами таких камер являются силовой корпус 3, крышки 2, 4, конический стеклоэлемент из акрила для наблюдения 5 и подвод рабочей среды 6.

Возможны следующие комбинации использования полостей испытательной камеры:

1) на этапе сборки и технологического нагружения возможно отсутствие полости II при наличии доступа для контроля точности установки, первоначальных значений технологических параметров и окончательного состояния сборки;

2) на этапе гидравлических испытаний в зависимости от назначения изделия, для которого предназначен иллюминатор, возможны следующие варианты загрузки:

- в полости I постепенно подается давление до испытательного значения  $P$ , а в полости II остается атмосферное давление;
- в полости I создается давление  $P$ , а полость II используется для увеличения давления до значения  $P$  по заданной программе;

3) при качественном контроле герметичности иллюминатора в полость I подается газ до испытательного давления, а полость II заполняется водой. В центре крышки полости II устанавливается стеклоэлемент в форме усеченного конуса из органического стекла. По интенсивности образования пузырьков на его внутренней поверхности можно судить о степени герметичности сборки;

4) при проведении исследовательских работ полость II может быть заменена защитным кожухом с отверстиями для наблюдения за процессом разрушения и измерения осевых смещений ненагруженной поверхности стеклоэлемента.

Такая камера применялась при исследовании конических акриловых иллюминаторов [1].

В зависимости от рабочего давления и размеров образца крышка и корпус могут соединяться как с помощью накидной гайки, так и с помощью шпилек. Как показывают работы с такими установками, при внутреннем диаметре испытательной камеры до 0,3 м и рабочим давлением до 60 МПа в случае использования в качестве материала силовых элементов 30ХГСА лучше применять соединения с помощью шпилек. Такие камеры можно собирать без использования подъемных механизмов. При испытательном давлении до 25 МПа и внутреннем диаметре камеры до 0,4 м можно использовать конструкции с соединением с помощью накидной гайки.

Расчет силовых элементов (обечаек, днищ, резьбовых элементов) конструкции таких камер проводился по нормативным документам НИИХИММАШ.

## ВЫВОДЫ

Применение обжимных шайб в конструкции иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом из силикатного и органического стекла в форме диска и обложки позволяет увеличить ресурс и разрушающее давление и при этом обеспечить герметичность. Это достигается за счет точного определения ряда конструктивных и

технологических параметров как элементов конструкции, так и их сборки. Последнюю задачу помогает решить специально спроектированная экспериментальная установка – камера высокого давления. Благодаря предложенной конструкции камеру можно использовать на различных этапах производства и экспериментальных исследований, позволяющих сформулировать модель для оценки несущей способности иллюминатора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лянзберг В. П., Шалашилин В. И. Конические акриловые иллюминаторы при кратковременном нагружении // Проблемы прочности. АН УССР. – 1983. № 11. – С. 106–111.
2. Лянзберг В. П., Шалашилин В. И. Иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска из неорганического стекла // Вестник МАИ. – 2002. – Т. 9. – С. 51–56.
3. Лянзберг В. П. Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления // Вестник МАИ. – 2003. – Т. 10. – С. 71–79.
4. Лянзберг В. П. Акриловые иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме оболочки // Вестник МАИ. – 2008. – Т. 15. – С. 5–9. ■

**П**рактическая реализация традиционной технологии сборки монтажных соединений судовых корпусных конструкций связана с установкой и временной приварки элементов крепления средств сборки, а также удалением остатков швов временной сварки, устранением образовавшихся вырывов, прожогов и деформаций соединяемых судовых конструкций. Перечисленное является основной причиной непроизводительных трудозатрат, повышенных материалоемкости и энергопотребления при выполнении монтажных соединений судовых корпусных конструкций.

С целью эффективного устранения указанных недостатков предложена измененная технология выполнения монтажных соединений, основанная на нетрадиционной последовательности сведения и выравнивания кромок обшивки, настилов, полотниц и концов балок подкрепляющего набора. Эта технология предусматривает первоначальное соединение и скрепление на электроприхватках каждого из концов балок подкрепляющего набора с той частью обшивки настилов и полотниц, где установлены эти балки, и последующее сведение кромок соединяемой обшивки. Соответственно этому монтажные соединения выполняются путем выравнивания по высоте балок набора с одновременным сведением кромок соединяемой обшивки, настилов и полотниц. Тем самым сокращается количество временно привариваемых элементов крепления используемых средств сборки и, как следствие этого, уменьшается количество операций, связанных с установкой и удалением элементов крепления средств сборки, зачисткой поверхности судовых корпусных конструкций,

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*А. Я. Розин*ов, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник,  
*В. А. Шатилов*, канд. техн. наук, ОАО «ИТСС»,  
*В. В. Логунов*, ген. директор ПАО НПП «Компенсатор»,  
контакт. тел. (812) 532 77442, +7 (921) 097 4181

их правкой, подваркой и т. п., что определяет величину сокращения непроизводительных трудозатрат, снижения расхода материалов на изготовление и временную приварку элементов крепления, используемых средств сборки, а также снижения энергопотребления, связанного с приваркой и удалением указанных элементов крепления, зачисткой мест их крепления, а также приведением в исходное состояние поверхности обшивки, настилов и полотниц судовых корпусных конструкций.

Естественно полагать, что указанное изменение технологии выполнения обшивки, настилов и полотниц монтажных соединений, а также балок набора строящихся корпусов судов способно вызвать существенное изменение напряженного состояния монтажных соединений.

С целью определения характеристики напряженного состояния монтажных соединений, выполняемых на основе измененной технологии сборочно-сварочных работ, проведены сопоставительные тензометрические исследования.



Для сравнительной оценки напряженного состояния, возникающего при различной последовательности выполнения сборочно-сварочных работ, была разработана и изготовлена модель секции, схема которой представлена на рис. 1. Материал модели секции – низколегированная сталь.

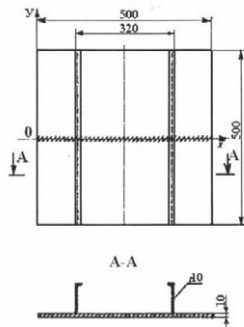


Рис. 1. Схема модели секции

В процессе сравнительной оценки напряженного состояния с использованием предложенной модели секции, напряженное состояние ее балок и полотнища исследовали отдельно.

Сравнительную оценку распределения напряжений выполняли на основе данных сборочно-сварочных работ, осуществленных при традиционной (А) и измененной (В) последовательности операций процесса сварки. При этом в состав исследуемых входил процесс сборки и сварки (С), отличающийся ужесточением условий его выполнения.

**Технологический процесс А** включал: приварку балки к полотну (участок 100 мм остается свободным); сборку стыка полотна; сварку стыка полотна; сборку стыка балки; сварку стыка балки; окончательную приварку балки к полотну.

**Технологический процесс В** включал: приварку балки к полотну (участок 100 мм остается свободным); сборку стыка балки; сварку стыка балки; сборку стыка полотна; сварку стыка полотна; окончательную приварку балки к полотну.

**Технологический процесс С** включал: приварку балки по всей длине к полотну; сборку стыка балки; сварку стыка балки; сборку стыка полотна; сварку стыка полотна.

В ходе проведенных сопоставительных исследований определяли показатели напряженного состояния в соединяемых сваркой полотне обшивки и балках набора. При этом контролировали распределение поперечных и продольных остаточных сварочных напряжений в районе стыков и полотнищ моделей секций, а также стыков и стенок балок набора. Закономерности этого распределения представлены на рис. 2–5.

С учетом принятого за базу сравнения традиционного варианта технологического процесса А была выполнена оценка напряженного состояния в полотнах листов обшивки и балках набора по максимальным значениям напряжений в сварных соединениях.

Анализ поперечных напряжений в полотнах листов показал, что в случае полностью приваренных балок к обшивке напряжения в листе на 5% больше, чем при традиционном процессе сборки и сварки монтажных соединений. В другом случае при неприваренном участке балки к обшивке напряжения в листе на 60% меньше напряжений, возникающих при традиционном варианте сборки и сварки монтажного соединения.

Полученные результаты позволили считать, что увеличение напряжений в первом случае объясняется отсутствием неприваренного участка балки набора, характерного для традиционной технологии. Уменьшение поперечных напряжений во втором случае объясняется выполнением сварки неприваренного участка балки, благодаря чему происходит перераспределение напряжений в сварном шве, стенке балки и листе. Максимальные продольные напряжения в листах распределяются примерно одинаково при всех вариантах сборки и сварки и равняются пределу текучести материала.

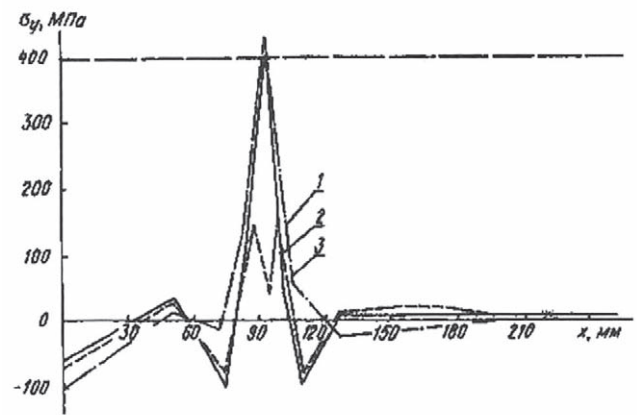


Рис. 2. Распределение поперечных остаточных сварочных напряжений в полотне листов

1 – после сварки стыка листов, стыка балок неприваренного участка балок; 2 – после сварки стыка балок, стыка листов неприваренного участка балок; 3 – после сварки стыка балок, стыка листов

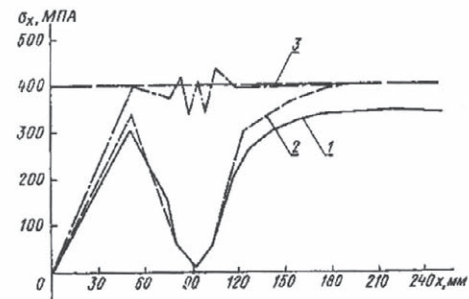


Рис. 3. Распределение продольных остаточных сварочных напряжений в полотне листов

Обозначения 1–3 те же, что и на рис. 2

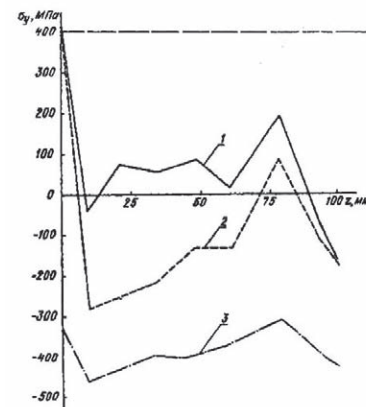


Рис. 4. Распределение поперечных остаточных сварочных напряжений в балке набора

Обозначения 1–3 те же, что и на рис. 2

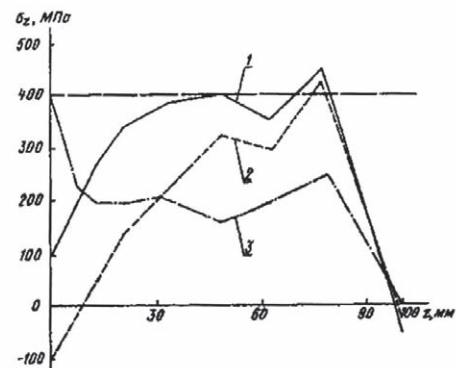


Рис. 5. Распределение продольных остаточных сварочных напряжений в балке набора

Обозначения 1–3 те же, что и на рис. 2

Результаты определения поперечных напряжений, возникающих в стенке балки, показали, что при традиционной последовательности выполнения сборки и сварки практически по всей высоте стенки балки действуют напряжения растяжения, а при двух других вариантах с измененной последовательностью сборки и сварки стенка балки сжата, причем в ее основании напряжения сжатия могут достигать предела текучести. Продольные напряжения в стенке балки получают значения растяжения, близкие к пределу текучести во всех трех вариантах рассмотренной последовательности сборки, сварки.

Установлено, что в общем максимальные напряжения, возникающие в районе монтажного стыка, при изменении последовательности сборки и сварки незначительно отличаются по величине от возникающих при традиционном процессе проведения сборочно-сварочных работ.

Для полноты картины напряженного состояния, вызванного изменением последовательности выполнения сборочных и сварочных работ, проведена сравнительная оценка прочности таких соединений, собранных и сваренных по традиционной и измененной технологии. С этой целью выполнены экспериментальные исследования усталостной прочности натуральных образцов монтажных соединений на продольное циклическое растяжение и поперечный циклический изгиб.

Были изготовлены образцы, имитирующие в натуральный размер монтажные соединения судокорпусных конструкций, выполненные по традиционной технологии и технологии, предусматривающей измененную последовательность сборочно-сварочных работ (рис. 6 и 7).

Испытывались образцы на продольное циклическое растяжение попарно, при этом начинали со ступенчатого статического нагружения с последующей ступенчатой разгрузкой. Идентичность нагружения обоих образцов проверяли тензометрированием балок набора и листов обшивки. Для этого использовали проволоочные тензорезисторы, а замеры регистрировали с помощью измерительного моста.

При испытаниях образцы подвергали циклическому нагружению с частотой 60 цикл/мин., что в 5–6 раз превышает частоту основной переменной составляющей эксплуатационных нагрузок натуральных конструкций, обусловленной действием волновых изгибающих моментов.

Результаты измерений напряжений при продольном циклическом растяжении подтвердили достаточно близкий характер разрушений соединений листов и балок подкрепляющего набора, выполненных по традиционной технологии и измененной технологии. Испытания на поперечный циклический изгиб показали, что возникающие усталостные трещины при испытаниях образцов, изготовленных по традиционной и измененной технологии, зарождались в околошовной зоне сварных стыков подкрепляющего набора. Это становилось в дальнейшем основной причиной разрушения испытываемых образцов.

Наряду с анализом напряженного состояния и прочности монтажных соединений, выполненных с изменением сборочных и сварочных работ, было исследовано изменение трудозатрат, связанных с производственной реализацией измененной технологии выполнения указанных соединений, в том числе проведен хронометраж процесса выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций. Типовая циклограмма распределения трудозатрат сборочных работ, представлена на рис. 8. При этом рассмотрены обобщенные данные, полученные в результате трудозатрат процесса сборки монтажных соединений судовых корпусных конструкций, осуществленного на основе традиционной технологии (см. табл. 1).

Данные циклограмм (см. рис. 8) и анализа трудозатрат (см. табл. 1) позволили оценить величину уменьшения непроизводительных трудозатрат выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций на основе измененной последовательности сборки соединений обшивки и соединений балок подкрепляющего набора (табл. 2). Полученные

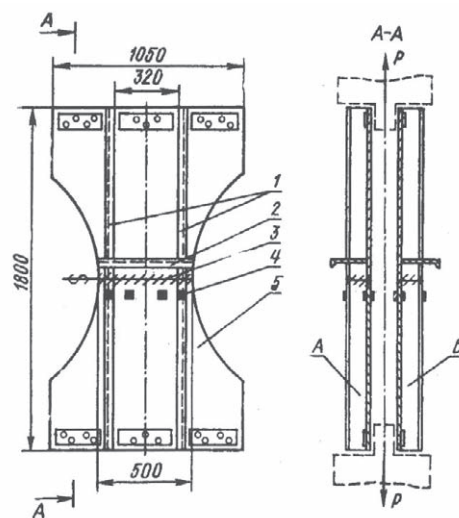


Рис. 6. Образец для испытаний на продольное циклическое растяжение

1 – балки набора, полособульб 8 или 10; 2 – ребро жесткости, полособульб 16; 3 – монтажный стык; 4 – тензодатчики; 5 – лист обшивки; А, Б – образцы с монтажным соединением, выполненные соответственно по традиционному и новому технологическим процессам

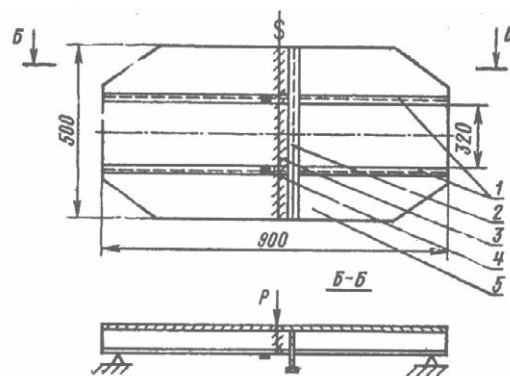


Рис. 7. Образец для испытаний на поперечный циклический изгиб:

Обозначения 1–5 те же, что и на рис. 6

результаты анализа традиционной практики выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций свидетельствуют о том, что для сведения кромок обшивки и концов балок подкрепляющего набора временно приваривают элементы крепления средств сборки, представляющие планки, скобы, рымы, обухи и т. п., масса которых по величине колеблется от 0,75 до 1,5 кг. При этом для временного крепления этих планок, скоб, рымов, обухов и т. п. ставят в среднем от 3 до 10 электроприхваток, средняя протяженность которых составляет 0,05 м.

В результате для сборки 1 пог. м монтажного соединения кромок обшивки по традиционной технологии необходим расход металла массой до 2,3 кг. При этом с целью временного крепления планок, скоб, рымов, обухов требуется установка до 10 электроприхваток, общая протяженность которых составит

$$l_i = 10 \times 0,05 = 0,5 \text{ м.}$$

На выполнение указанных электроприхваток с катетом 0,05 м используют электроды, расход которых может быть поределен по выражению

$\Sigma q = l_i \times f_i \times \gamma \times K_i = 2,3 \times 0,15 \times 7,8 \times 1,7 \times 10^{-1} = 0,46 \text{ кг}$ , где  $l_i$  – суммарная протяженность электроприхваток, м;  $f_i$  – площадь поперечного сечения электроприхваток, м<sup>2</sup>;  $\gamma$  – плотность наплавленного металла электроприхваток, кг/м<sup>3</sup>;  $K_i$  – коэффициент расхода электродов, равный 1,7.



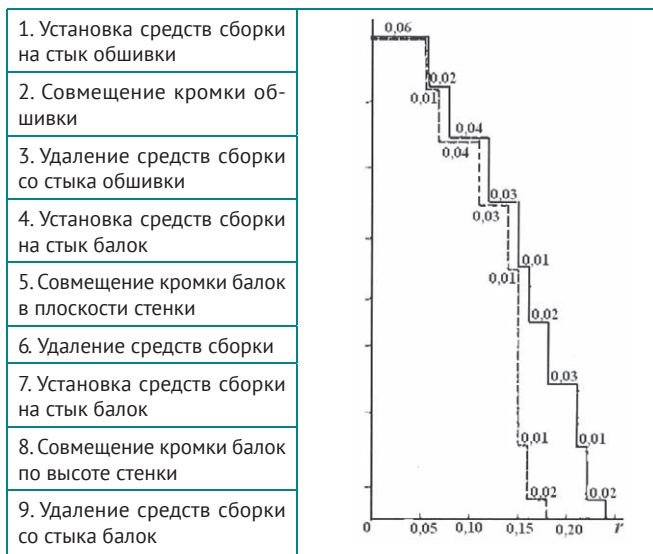


Рис. 8. Типовая циклограмма распределения трудозатрат сборки с традиционной и измененной последовательностью выполнения работ:

— традиционный процесс сборки;  
 ..... процесс с измененной последовательностью выполнения сборки соединений обшивки и набора

Таблица 1  
**Объемы трудозатрат сборочных работ по традиционной технологии**

Операция процесса сборки монтажных соединений обшивки и балок подкрепляющего набора	Пределы изменения трудозатрат, нормо-ч	
	Обшивка	Набор
Установка временно привариваемых элементов крепления или фиксации обшивки или балок	0,03–0,18	0,03–0,27
Приварка элементов крепления или фиксации обшивки или балок	0,06–0,2	0,1–0,42
Установка применяемых средств сборки	0,06	0,06–0,12
Сведение кромок обшивки и концов балок набора	0,02	0,04
Удаление используемых средств сборки	0,04	0,04–0,08
Удаление временно приваренных элементов крепления или фиксации обшивки и балок	0,02–0,05	0,02–0,11
Зачистка остатков прихваток	0,06–0,24	0,12–0,42
Подварка мест установки временно привариваемых элементов крепления или фиксации обшивки или балок	0,02–0,08	0,02–0,14
Зачистка поверхности обшивки и балок	0,02–0,08	0,04–0,14
Суммарные обобщенные показатели	$\Sigma = 0,95$	$\Sigma = 1,74$

Таблица 2  
**Объемы трудозатрат сборочных работ по измененной технологии**

Состав рассмотренных показателей	Традиционная технология	Измененная технология	Величина уменьшения, %
Трудозатраты сборки, нормо-ч:			
– соединений обшивки	0,12	0,09	25
– соединений набора	0,24	0,18	25
Непроизводительные трудозатраты, нормо-ч	2,33	0,7	70

При ручной сварке расход электроэнергии составляет обычно 10 кВт.ч. С учетом этого при установке электроприхваток расход электроэнергии:

$$\Sigma w_i = 10,5 \times 0,46 = 4,83 \text{ кВт.ч.}$$

В процессе традиционного выполнения монтажных соединений наряду с временно привариваемыми планками, скобами, рымами и обухами используют профильные ребра жесткости, средняя масса которых в большинстве случаев доходит до 5 кг. Указанные элементы крепления и жесткости изготавливают на месте выполнения монтажных соединений

судокорпусных конструкций, выполненных из остатков материала обшивки и балок набора, вырезая их вручную кислородно-ацетиленовыми резаками. При этом средний расход ацетилена на 1 м реза кромок изделия составляет 0,045 м<sup>3</sup>, а расход кислорода в расчете также на 1 м реза равен 0,292 м<sup>3</sup>. Опыт изготовления временно привариваемых планок, скоб, рымов и обухов свидетельствует о том, что в большинстве случаев протяженность вырезаемых кромок этих элементов крепления средств сборки составляет порядка 0,2 м. В результате этого суммарный расход:

– кислорода (при расходе на 1 м 0,292 м<sup>3</sup>)

$$\Sigma K_i = 0,2 \times 0,292 = 0,06 \text{ м}^3;$$

– ацетилена (при расходе на 1 м 0,045 м<sup>3</sup>)

$$\Sigma a_i = 0,2 \times 0,045 = 0,009 \text{ м}^3.$$

Всегда после завершения сборочных и сварочных работ указанные элементы временного крепления средств сборки и ребра жесткости удаляют при помощи отрезных пневматических машинок. Этими же машинками зачищают поверхности обшивки от остатков сварных швов. При этом расход сжатого воздуха (1,8 м<sup>3</sup>/мин), используемого для привода в действие применяемых пневматических машинок, с помощью которых зачищают остатки 10 электроприхваток в течение 3 мин. составляет

$$\Sigma b_i = 1,8 \times 3 \times 10 \text{ м}^3.$$

На основе приведенных выше данных о массе временно привариваемых элементов крепления средств сборки и жесткости, расхода электроэнергии, кислорода и ацетилена, а также сжатого воздуха проведены исследования практической потребности перечисленного для выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций при постройке судна среднего водоизмещения. Результаты позволили определить характер изменения показателей материалоемкости и энергопотребления при производственной реализации измененной технологии выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций (табл. 3).

Таблица 3  
**Сравнение показателей металлоемкости и энергопотребления при традиционной и измененной технологии**

Состав рассмотренных показателей	Традиционная технология	Измененная технология	Величина уменьшения
Материалоемкость:			
– временно привариваемых скоб, обухов и т.п.	25,6 кг	10 кг	в 2,5 раза
– расхода электродов	0,12 кг	0,04 кг	в 3 раза
Энергопотребление:			
– электроэнергии	2,1 кВт.ч	0,7 кВт.ч	в 3 раза
– кислорода	2,97 м <sup>3</sup>	1,3 м <sup>3</sup>	в 2,3 раза
– ацетилена	0,46 м <sup>3</sup>	0,2 м <sup>3</sup>	в 3 раза
– сжатого воздуха	108 м <sup>3</sup>	36 м <sup>3</sup>	в 3 раза

Проведенная комплексная оценка в целом подтвердила, что изменение технологической последовательности сборочных-сварочных работ при выполнении монтажных соединений судовых корпусных конструкций не приводит к нарушению работоспособности этих соединений и к существенным изменениям их напряженного состояния. Наряду с этим изменение технологии выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций позволяет сократить общую трудоемкость работ на 25% при снижении непроизводительных трудозатрат до 70% путем отказа от применения подавляющего количества временно привариваемых элементов крепления средств сборки. Кроме того, материалоемкость работ по изготовлению временно привариваемых крепежных элементов и расходу электродов снижается в 2,5–3 раза, а энергопотребление уменьшается в 2,3–3 раза. ■

**Р**аботники концерна «Морфлот» сотрудничают со многими предприятиями нашей страны, прежде всего крупными судостроительными заводами, строительными площадками и другими промышленными объектами. Мы также смогли побывать на аналогичных отраслевых предприятиях Европы и мира, и благодаря большому накопленному опыту можем констатировать, что безопасности производственных процессов, охране труда и экологии уделяется мало внимания. В настоящее время многие компании готовы инвестировать средства в новые проекты, улучшение и расширение мощностей и главное – в реализацию идей и производство отечественного оборудования, вместо того чтобы не только закупать дорогое, часто ненужное или излишне сложное оборудование за границей, на многие годы привязав себя к дорогостоящим закупкам и ремонтам.

Наша компания много лет занимается всем комплексом мер по антикоррозионной защите и постоянно сталкивается с проблемами безопасности на производственных площадках, а также по улучшению иногда далекой от идеала экологической обстановки. Одной из серьезных проблем является организация мест и помещений для хранения лакокрасочных материалов (ЛКМ), растворителей и иных легковоспламеняющихся токсичных материалов. Как мы знаем из практики судостроения и строительства, часто вблизи проведения судостроительных работ или объектов производства организуются временные, на одну-две смены или несколько суток работы, склады потребных материалов, в том числе легковоспламеняющихся. Эти стихийно возникшие хранилища могут содержать от сотен до нескольких тысяч килограммов запасов ЛКМ. Вот тут-то в случае возникновения ЧП начинают искать среди различных служб предприятий – пожарных, производственников, заказчиков, подрядчиков, экологов и т.д. – виноватого. А ЧП так или иначе случаются: ЛКМ могли оказаться в непосредственной близости к очагу возгорания или были не защищены должным образом, что всегда усугубляет и без того проблемную ситуацию. Следствием ЧП в лучшем случае может стать потеря самих дорогостоящих ЛКМ, имеющих часто в объеме «под заказ». Возможен и экологический коллапс, так как ЛКМ могли растечься на достаточно большой площади, впитаться в землю, попасть в воду, испариться в помещении, где работают люди, окрасить на долгие годы участок вечной мерзлоты или кусок асфальта прямо у цеха. В общем, проблема хранения ЛКМ стала актуальной. Ее нужно было решать, а не продолжать работать «на авось».

Несколько лет формирования самой концепции, поиска возможных исполнителей, анализа норм и требований, дейст-

## ДАВАЙТЕ ПРАВИЛЬНО ХРАНИТЬ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**С.Г. Филимонов**, ген. директор ЗАО «Концерн Морфлот»,  
**К.Д. Шмолдаев**, гл. механик ООО «Морфлот-Технология»,  
контакт. тел. (812) 622 1031

вующих в РФ, касающихся ЛКМ, дали свои плоды. Два года назад у концерна «Морфлот» возникла идея предоставления более полного сервиса по нанесению покрытий, включающего стадию хранения ЛКМ в безопасных условиях с учетом климата. При этом использование мирового опыта в данном случае не всегда удавалось, поскольку в РФ, в отличие от, например, Германии, где ответственность за взрыво- и пожаробезопасность на объекте юридически несет только подрядчик, она поделена между МЧС, заказчиком и прочими сторонами.

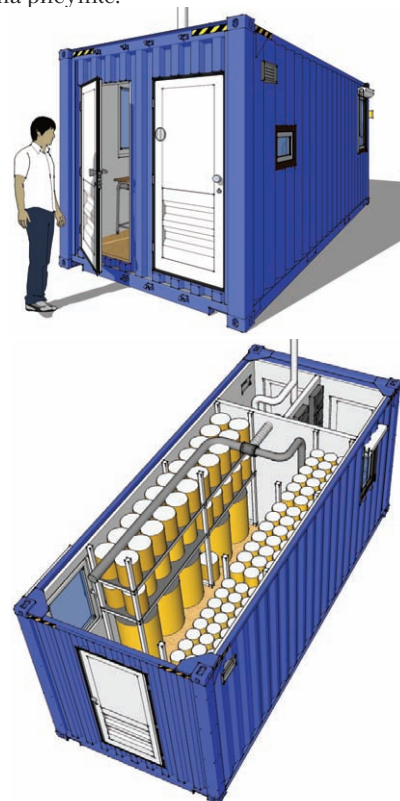
Совместно с профильными институтами и конструкторскими бюро нам пришлось окупиться в бесчисленное количество правовых актов. В результате было принято решение создать собственную мобильную станцию смешения и хранения ЛКМ. Процесс проектирования длился около четырех месяцев, и конечный объект проектирования претерпел немало изменений, чтобы найти баланс между объемом ЛКМ, предназначенных для хранения, и внешними габаритами станции. Было сочтено, что внешние габариты важнее, так как это существенно удешевляет транспортные расходы при перевозке материалов и самой станции.

В конце 2015 г. был закончен важнейший этап разработки конструкторской документации для мобильной станции смешения ЛКМ. Именно так было решено назвать данное оборудование, ведь действительно в готовом варианте она стала представлять собой не просто склад для хранения ЛКМ, а единый комплекс, мобильную установку на базе 20-футового морского контейнера, обеспечивающую потребности в хранении и смешивании ЛКМ, а также условия для временного пребывания персонала. Установка включает три различных помещения: зону хранения и смешивания, помещение лаборанта и техническую зону. Так же немаловажным фактом стало проведение экспертизы промышленной безопасности с регистрацией в Ростехнадзоре, что дало нам полную уверенность в том, что данное оборудование будет разрешено к использованию по прямому назначению на любых, даже самых опасных, промышленных объектах, с соблюдением необходимых норм пожарной и промышленной безопасности.

В данный момент на стадии изготовления находятся первые экземпляры станций. В скором времени мы наеемся передать их первому заказчику,

а в дальнейшем наладить постоянное производство данного оборудования.

Приведем технические характеристики этой станции смешения ЛКМ для более детального изучения оборудования и оценки необходимости его приобретения. Общий вид станции приведен на рисунке.



### Технические характеристики контейнера

Длина, мм	6058
Ширина, мм	2438
Высота (без вентиляторов), мм	2540
Внутренние размеры:	
длина, мм	5758
ширина, мм	2138
высота, мм	2094
Масса, нетто, кг	6528
Кол-во хранящихся ЛКМ, л	4000
Полезный объем контейнера, м <sup>3</sup>	33
Установленная мощность электроприемников, кВт	9,0
Расчетная мощность электроприемников, кВт	7,2
Категория и группа взрывоопасной смеси по ПУЭ	IIA-II2
Кол-во обслуживающего персонала, чел.	1

Данный объект относится к IV классу опасности опасного производственного объекта. Класс конструктивной пожарной опасности строительных конструкций – СО; степень огнестойкости – II; категория помещений хранения и смешения ЛКМ и венткамеры – А;



категория помещения лаборанта – В4.

Конструкция контейнера металлическая, утепленная, предусмотрены окна и двери из каждого отсека. В помещении хранения и смешения на металлических стеллажах располагаются различные ЛКМ в заводской таре объемом 200, 40, 20, 5, 3 л.

В отличие от стандартного контейнера дополнительно предусмотрены:

- система вытяжной вентиляции во взрывобезопасном исполнении, 2 вентилятора, рабочий и резервный;
- система отопления во взрывобезопасном исполнении с расчетной температурой наружного воздуха –33 °С;
- электрооборудование во взрывобезопасном исполнении;
- система автоматического контроля и сигнализации загазованности;

- система автоматического газового пожаротушения и оповещения о пожаре;
- первичные средства пожаротушения;
- система 3-ярусных стеллажей в зоне хранения;
- система молниезащиты в виде молниеприемной сетки на диэлектрических держателях;
- освещение во взрывобезопасном исполнении;
- оборудование помещения лаборанта: шкафы управления, мебель;
- электромешалка для смешивания многокомпонентных красок в зоне хранения и розлива.

Мобильная станция смешения ЛКМ пригодна для перевозки любым из существующих видов транспорта, перевозящих 20-футовые морские контейнеры.

Средний срок службы контейнера – около 20 лет.

Концерн «Морфлот» нацелен на дальнейшее решение новых проблем, возникающих в данной сфере, создание качественных изделий на базе инноваций. Задача, которую мы всегда ставим перед собой – производить изделия и оказывать услуги на самом высоком технологическом уровне, используя мировые научные и промышленные достижения. Таким образом, концерн «Морфлот» в дополнение к существующим видам деятельности – научной и конструкторской, брокерской и сервисной в области нанесения покрытий в судостроении и строительстве продолжает осваивать новое для себя направление – собственное производство. ■

**Н**а площадке Петербургского международного инновационного форума, который состоялся 9 октября 2015 г., состоялась презентация продуктов финалистов конкурса «Лучший инновационный продукт», проводимого Комитетом по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга. Конкурс проводился в четырех разделах: товары промышленного назначения, медицина, социальная сфера и энергетика.

В форуме приняли участие российские специалисты не только из нашей страны, но и зарубежные, представлявшие 15 стран. В финал прошли 12 компаний. Победителями стали 24 авторских коллектива, 10 – в номинации «Лучшая научно-инновационная идея», 8 – в номинации «Лучшее инновационное бизнес-предложение» и 6 – в номинации «Лучший инновационный продукт». Они получили премии Правительства Санкт-Петербурга, поскольку представляли собой законченный продукт, готовый к внедрению и тиражированию.

Примечательно, что в форуме участвовали компании, инновационные продукты которых находились на различных стадиях разработки: на этапе проектирования, создания опытного образца, экспериментальных исследований, и, конечно, готовые к внедрению. Поэтому первые находились в поиске инвесторов, а другие искали потребителей (покупателей).

Защитникам инновационных проектов, не имеющих аналогов, приходилось непросто, им предстояло убедить инвестора в экономической эффективности продукта, а инвесторам зачастую полагаться на интуицию и веру в профессионализм разработчиков проекта, т. е. идти на определенный риск.

Ценность же инновационно-инвестиционных проектов повышалась нацеленность на импортозамещение и диверсификацию, что расширяло область

их использования взамен аналогичных продуктов зарубежного производства.

Разработчиками, как правило, на форуме были средние и крупные предприятия. Индивидуальных предложений почти не было. Среди номенклатуры продуктов инновационного характера преобладали те, которые решали проблемы своих отраслей. Судостроительная отрасль практически представлена не была, равно как и судоходство.

Представители Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга, а также ведущие эксперты в данных областях науки и техники тщательно проводили отбор лучших инновационных проектов. В большей степени членов комиссии интересовал экономический эффект, который может быть реально получен от внедрения проекта в производство. Кроме того, одним из основных критериев являлось наличие инвестора, финансирующего проект. Также инвестиционный проект должен был сопровождать бизнес-план, корректный, четкий, достоверный.

И, конечно, предпочтение отдавалось тем проектам, которые успешно прошли промышленную эксплуатацию. Дополнительным преимуществом любого инвестиционно-инновационного проекта было

наличие сертификата, подтверждающего его конкурентоспособность.

Все вышеперечисленное в полной мере отражено в требованиях к инновационным проектам в судостроении (см. «Морской вестник», 2014, № 1(49) и 2015, № 4(56)), разработанные Инновационным комитетом, организованным при РосНТО им. акад. А. Н. Крылова.

Имеющиеся в портфеле РосНТО и находящиеся на различных стадиях разработки и внедрения инновационные проекты вполне могли быть представлены на форуме. Среди них такие, как «Арктическое судостроение», «Роторный двигатель внутреннего сгорания нового типа», «Бесварные гибкие соединения и патрубки для судовых трубопроводов», «Сверхпроводниковое оборудование с использованием наноматериалов» и ряд других. Практически был готов к демонстрации на данном форуме инновационный проект «Туристский подводный велосипед». Поэтому все перечисленные выше инновационные проекты при соответствующих доработках и выполнении требований и рекомендаций могут быть достойно представлены на следующем форуме и быть отмечены как шаг «в завтрашний день» отечественного судостроения. ■

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ

**Б.А. Горелик**, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ,  
зам. председателя Инновационного комитета РосНТО судостроителей  
им. акад. А.Н. Крылова,  
контакт. тел. (812) 713 8405, +7 (905) 287 9612

Управление финансовым циклом – одно из ключевых направлений финансового менеджмента предприятия. Ускорение оборачиваемости капитала и обеспечение постоянной платежеспособности, рентабельности и других результатов финансовой деятельности компании требуют обособленного управления оборотными средствами компании. При этом рациональное использование капитала предприятия позволяет обеспечить производство, ликвидность, платежеспособность и эффективность деятельности предприятия.

Тем не менее зачастую задачи стратегического, а иногда и оперативного управления отличаются несопоставимостью как со стратегией, так и с некоторыми целями предприятия вследствие следующих факторов:

- разнородных и несводимых целей (оперативно-календарных, стоимостных, натурально-вещественных и т.д.);
- различных постановщиков целей, функциональные интересы которых не совпадают, а зачастую противоречат друг другу;
- дифференцированных систем учета и контроля результатов;
- избыточной централизации планирования, учета и отчетности.

Указанные недостатки приводят к неизбежной многокритериальности задачи, оптимальное решение которой в отсутствии надлежащей методической и нормативной базы невозможно.

Продуманная стратегия предприятия – залог ее успешного развития. Одним из инструментов реализации и доведения стратегии компании до подразделений является система сбалансированных показателей (ССП), которая в последнее время получила широкое распространение. При этом на предприятиях применяются как система сбалансированных показателей (Balanced Scorecard, BSC), так и непосредственно показатели, измеряющие достижение целей (Key Performance Indicators, KPI). Как правило, в нее не включают показатели, связанные с финансовым циклом. На взгляд автора, такой подход кажется не совсем оправданным. Каждое предприятие стремится к достижению стратегических целей и при этом переносит стратегию на уровень процессов или функциональный уровень структурных подразделений, осуществляет декомпозицию и каскадирование целей и оценивающих их достижение показателей на нижние уровни. Как следствие, именно на уровне подразделений необходимо использовать показатели финансового цикла.

Сбалансированная система показателей существенно дополняет систему финансового анализа перспектив. Цели и показатели данной системы формируются в зависимости от мировоззрения и стратегии каждого конкурентного предприятия и рассматривают его деятельность по четырем критериям: финансовому, взаимоотношениям с клиентами, внутренним бизнес-процессам, а также обучению и развитию персонала.

Назначение сбалансированной системы показателей заключается в том, чтобы трансформировать миссию предприятия в конкретные задачи и показатели. Миссия должна быть распространена на все организационные уровни таким образом, чтобы действия каждого сотрудника соответствовали ей и поддерживали ее осуществление, а система менеджмента должна обеспечить эффективность этого распространения. При этом Р. Каплан и Д. Нортона в своих научных трудах описывают общую систему сбалансированных показателей вне зависимости от цели, которую ставит перед собой компания. В результате предприятия, которым необходимо решить конкретную более узкую задачу для достижения своей цели (независимо от того, максимизация прибыли это или увеличение доли на рынке), не имеют четкого алгоритма создания СПП, соответствующего сложившейся ситуации.

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМ ЦИКЛОМ В СИСТЕМЕ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

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

На данный момент в литературе не представлена единая система управления финансовым циклом в рамках СПП. Как правило, предприятия фокусируются на управлении запасами и дебиторской и кредиторской задолженностью, основываясь на показателях оборачиваемости этих составляющих. В то же время четко сформулированная стратегия позволит руководству предприятия направить все бизнес-процессы на достижение ключевой цели, а также оценить приоритеты в распределении ресурсов и, соответственно, в использовании оборотного капитала.

Система сбалансированных показателей отражает равновесие, которое необходимо сохранять между краткосрочными и долгосрочными целями, финансовыми и нефинансовыми показателями, основными и вспомогательными параметрами, а также внешними и внутренними факторами деятельности. Большинство предприятий пытается улучшить эффективность своей деятельности, снижая издержки производства, улучшая качество продукции, но не выделяя при этом действительно стратегические процессы, которые должны выполняться на исключительно высоком уровне для успешной реализации организационной стратегии.

Инструментом экспансии финансового менеджмента в сферу оперативного управления производством представляется изменение системы отношений между субъектами и объектами управления.

Достичь когерентности целевых установок предприятия в целом и отдельного подразделения путем установления для них одинакового набора показателей конечного финансового результата производства (с тем, чтобы результат предприятия получался как сумма результатов подразделений) невозможно в силу ряда обстоятельств:

- отсутствие у подразделений (участок, цех, отдел) статуса юридического лица, банковских счетов и т.п., что не позволяет вести полноценную финансовую деятельность;
- в условиях судостроения подразделения не только не являются предметно-замкнутыми, но и не выпускают законченную продукцию, пригодную для реализации внешним заказчикам;
- в себестоимости продукции велика доля двух составляющих – материалов, особенно комплектующих изделий и общехозяйственных расходов, на величину номинальных затрат которых подразделения влияют лишь в слабой степени.

Попытки преодолеть это препятствие путем организации на базе подразделений дочерних фирм, продающих друг другу полуфабрикаты (продукты последовательных технологических переделов), приводит лишь к росту транзакционных издержек, резкому росту управленческих расходов и ухудшению управляемости всего производственного комплекса.

Выход из положения состоит в использовании механизма взаимоотношений, которые можно назвать *квазифинансовыми*. Под последними понимают совокупность специфических отношений, возникающих при установлении внутренними стандартами системы финансовых и нефинансовых показателей, ориентирующих все подразделения предприятия на достижение его стратегических целей в области финансов. Основные особенности квазифинансовых отношений сводятся к следующему:



- подразделение не выполняет каких-либо финансовых операций, все они централизованы в масштабе предприятия, а в отдельных случаях и управляющей компании;
- целевые установки подразделения полностью когерентны с таковыми для предприятия в целом; увеличение или уменьшение значений результирующих показателей подразделения корреспондируется с изменением финансовых показателей предприятия;
- передача полуфабрикатов продукции от одного подразделения к другому оформляется как реализация по твердой внутренней цене (так называемый товарный выпуск);
- выделение ресурсов по величине товарного выпуска;
- авансирование затрат по плановому нормативу незавершенного производства;
- стимулирование экономии терминальной стоимости.

Такие взаимоотношения без реального движения денежных средств виртуально реализуют функции финансов.

Область управления финансовым циклом конкретного заказа не охватывает всего объема затрат в силу неоднородности ресурсов, поэтому необходимо определить номенклатуру ресурсов, затраты которых поддаются управлению финансовыми методами. Целесообразно разделить производственные ресурсы на транзитные и авансированные.

К первым, преобладающим в условиях судостроения, относятся основные материалы, комплектующие изделия и оборудование, степень использования которых не зависит от производственных подразделений. Последние влияют лишь на величину наращивания оборотных средств, связанных в транзитных ресурсах за время пребывания таковых в сфере ответственности подразделения.

Вторые – это трудовые ресурсы (в финансовом отображении – заработная плата с начислениями), часть цеховых накладных расходов, некоторые вспомогательные материалы. Проведенный анализ показал, что, исключив на первом этапе из сферы управления финансовым циклом общехозяйственные расходы (25–30% от терминальной себестоимости судна), оказывается, тем не менее, возможным контролировать порядка 70–80% извлекаемых в фазе производства резервов ее снижения.

Субъекты квазифинансовых отношений формируются в процессе декомпозиции фирмы на подразделения, к которым в известной мере могут быть применены понятия «центр прибыли» и «центр затрат»; более точным будет термин «центр ответственности».

При этом:

1. Результаты деятельности подразделения должны корреспондироваться с конечным финансовым результатом производства.
2. Они должны однозначно отделяться от результатов других подразделений.
3. Арифметическая сводимость результатов не обязательна.
4. Подразделение отвечает лишь за те ресурсы и результаты, на использование которых оно оказывает решающее влияние.
5. Линия раздела между подразделениями должна совпадать с границей минимальной корпорации.
6. Число подразделений должно быть невелико и укладываться в норму управляемости, адекватную действующим методам управления.
7. Продукция подразделений (в натурально-вещественной форме) должна качественно различаться между собой.
8. Товарные единицы продукции должны быть технологически завершены и приниматься надзорными органами.
9. Число товарных единиц не должно быть чрезмерным с точки зрения удобства планирования учета и контроля.
10. Товарные единицы должны формироваться не по технологическому, а по предметному признаку.

Передача законченных объемов работ одного центра ответственности другому – товарный выпуск – должна вестись в виде товарных единиц. Хотя вопрос формирования товарных единиц

лежит скорее в области технико-экономического планирования, но со стороны финансового менеджмента к ним должны предъявляться следующие требования. Товарные единицы должны:

- быть обособленными в конструктивно-технологическом отношении;
- целиком выполняться одним подразделением – субъектом квазифинансовых отношений;
- по возможности иметь минимальный цикл работ;
- основываться на действующей системе технической документации и нормативной базе;
- быть удобными для декомпозиции на планово-учетные единицы, применяемые в оперативно-календарном планировании;
- иметь результат, четко выражающийся в натурально-вещественной и документальной форме;
- по завершении должны открывать перспективу для деятельности следующим участникам процесса либо быть элементами готовой продукции;
- не быть слишком многочисленными, чтобы аппарат управления мог осмысленно оперировать ими.

Таким образом, процесс планирования и бюджетирования в звене предприятие–подразделение радикально изменяются в сторону подчинения конечным финансовым целям предприятия, которые отражаются и в параметрах финансового цикла. Основным расчетным показателем становятся терминальные затраты. Центрам ответственности задаются два плановых параметра: график сдачи товарных единиц и динамика суммарных затрат ресурсов (в стоимостном выражении) и вытекающий из них норматив незавершенного производства

Для каждой товарной единицы рассчитываются традиционным методом затраты авансированных ресурсов, объем и плановое наращивание транзитных ресурсов («внутренняя цена» товарной единицы).

Такой бюджет позволяет осуществить все функции корпоративных финансов. Уменьшается трудоемкость управления, расширяется хозяйственная самостоятельность подразделений; гибкость и адаптивность управления повышается за счет конвертируемости ресурсов: например, перерасход фонда оплаты труда может быть компенсирован сокращением производственного цикла и наоборот.

Основным критерием оценки деятельности центра ответственности на данном этапе становится объем средств, связанных в незавершенном производстве, т.е. разность между терминальными затратами и товарным выпуском.

Для обозначения этой величины целесообразно ввести термин «инкремент» (от лат. incrementum – рост, увеличение).

$$I = (E_{\text{ном}} + E_{\text{нар}}) - (S_{\text{ном}} + S_{\text{нар}}),$$

где  $E_{\text{ном}}$  – номинальные затраты;  $E_{\text{нар}}$  – наращивание затрат;  $S_{\text{ном}}$  – номинальный товарный выпуск;  $S_{\text{нар}}$  – наращивание товарного выпуска.

Достоинство этого показателя состоит в том, что он отражает взаимозависимость цикла (через наращивание затрат) и расхода ресурсов (через номинальные затраты).

Инкрементные затраты, добавленные к номинальной себестоимости судна, образуют терминальную себестоимость. Поскольку подразделения не могут менять номинальную стоимость проходящих через зону их ответственности, влиять на величину инкрементных затрат они могут лишь путем сокращения времени пребывания транзитных ресурсов в своей зоне, т.е. сокращения своей доли финансового цикла, а это дает основание назвать данную часть резерва снижения терминальной себестоимости цикловым резервом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008.
2. Хоббс П.Д. Внедрение бережливого производства. – Минск: Гревцов Паблшер, 2007. ■

**Н**а данном этапе в условиях санкционного давления, низких цен на нефтепродукты импортозамещение (ИЗ) может послужить толчком для развития отечественной экономики. Для обоснования целесообразности и форм реализации такой стратегии следует проанализировать существующий мировой опыт и спроецировать его на современные российские условия.

Одним из важнейших критериев устойчивого развития экономики является ее сбалансированность по экспорту, импорту, внутреннему производству и потреблению. Если доля импорта какого-либо стратегически или социально важного товара в необходимом внутреннем потреблении превышает 20–25%, то возникает угроза для национальной экономики. Вице-премьер Дмитрий Rogozin, обсуждая проблемы судостроения, отметил, что этот «порочный круг» формировался в течение последних 20–25 лет. Техническая документация на строительство кораблей составлялась таким образом, чтобы участие российских производителей исключалось еще на начальном этапе.

Решить проблему ИЗ пытались практически во всех странах мира, исследуя потребности внутреннего рынка и наличный потенциал. В середине XX в. многие развивающиеся страны избрали стратегией своего развития «импортозамещающую индустриализацию» (ИЗИ). В работах современных российских экономистов не прослеживается всестороннее освещение концепции ИЗ применительно к современным условиям.

Цель настоящей статьи – освещение роли и места процесса ИЗ в экономике, а также попытка оценить современные перспективы реализации стратегии ИЗ в рамках российской экономической политики.

После Второй мировой войны в мире активно происходили процессы деколонизации. Во второй половине XX в. в результате этих процессов появилось около ста новых государств, так называемых стран третьего мира. Экономика этих государств, характеризующаяся низким уровнем индустриализации и имеющая национальный характер, напоминала ситуацию в Западной Европе XVI в. Такое сходство предопределило желание этих стран повторить тот же процесс развития, что уже имел место в Европе и Америке. Однако уже в 1950–1960 гг. оказалось, что политика развития национальных хозяйств не приносит желаемых материальных результатов. Вследствие этого появилась резкая критика этих теорий со стороны политических деятелей и экономистов из стран «третьего мира».

Согласно классической теории свободной торговли, участие в открытой системе международной торговли должно давать выгоду всем странам, независимо от того, продают они сырьевые товары или высокотехнологичную продукцию. Теория зависимого капитализма, наоборот, утверждает, что из-за неравномерности роста производительности труда на разных полюсах системы «центр–периферия» мировой рынок не может обеспечить равных условий для участия развитых и развивающихся стран в международном разделении труда. Выход из создавшегося положения виделся в изменении сложившейся не в пользу развивающихся стран системы международных экономических отношений и в структурной перестройке экономики развивающихся стран. Стратегия ИЗИ предполагала ограничение импорта промышленных товаров путем использования политики жесткого протекционизма – применения высоких таможенных пошлин, государственной монополии на экспорт и отказа от конвертируемости национальной валюты. Средства от экспорта сырьевых товаров должны были вкладываться в приобретение современных технологий и организацию на их основе отечественных промышленных предприятий. Деятельность транснациональных корпораций

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ В СЕРЕДИНЕ XX В. И НАЧАЛЕ XXI В.

*А.В. Титов, ст. преподаватель СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 9645859, e-mail: alex.titov@inbox.ru*

Запада, которые рассматривались как проводники экономической политики развитого «центра» следовало ограничивать, а местную промышленность всемерно поддерживать и стимулировать. Государство при этом регулировало процессы инвестирования в создаваемую отечественную индустрию.

На основании анализа проблемы латиноамериканские экономисты Р. Пребиш и С. Фуртадо высказали мнение о необходимости разумного сочетания ИЗ, стимулирования экспорта и традиционного капиталистического производства, что позволяло бы контролировать ситуацию с безработицей. По мнению немецкого экономиста Х. Зингера, «большой толчок» в промышленности для слаборазвитых стран невозможен без «большого толчка» в аграрной сфере. Политика ИЗ, активно проводившаяся в странах Латинской Америки вплоть до конца 80-х гг. XX в, имела преимущественно негативные последствия для национальных экономик. Промышленность, защищенная от иностранной конкуренции, оказалась в большинстве случаев неэффективной. В результате большинство стран было вынуждено значительно снизить тарифные барьеры и взять курс на интеграцию в мировое экономическое пространство.

Отказ от модели ИЗИ и переход к рыночным механизмам неизбежно влечет за собой серьезный экономический кризис. Глубина и длительность этого кризиса наиболее велики для богатых ресурсами стран, достигших в рамках модели ИЗИ относительно высокого уровня доходов на душу населения [1, с.26].

Наиболее успешный опыт проведения политики ИЗ наблюдался в КНР в 70–90-е гг. Была избрана стратегия развития, предусматривавшая привлечение иностранного капитала, создание каналов стабильного поступления из-за рубежа новой техники, технологии и опыта управления, подготовки управленческих и рабочих кадров. Происходила организация особых экономических районов, в которых опробовались капиталистические модели хозяйствования. В то же время экономика страны в целом была нацелена на ИЗ и находилась в изоляции от мирохозяйственных связей [2, с.31]. В результате повысились темпы экономического роста, начал формироваться внутренний рынок, сокращалась сфера централизованного материально-технического обеспечения. На внутренний рынок поступала масса новых видов промышленных товаров. Опыт КНР опроверг мнение о том, что ИЗ наиболее эффективно в наукоемких и капиталоемких отраслях промышленности. Основной индустрией, в которой было достигнуто доминирование на мировом рынке, стала легкая промышленность. Особенность модели ИЗ в КНР состояла в том, что она реализовывалась на масштабном внутреннем рынке. Потенциал внутреннего рынка КНР был огромным и привлекал иностранных инвесторов. Достижением экономической политики является то, что политика ИЗ вовремя сменилась политикой ориентации на экспорт, это позволило максимально использовать преимущества ИЗ и в то же время избежать негативных последствий этого процесса.

Опыт ИЗ в развивающихся странах в XX в. неоднозначен. Используя схожие традиционные инструменты для реализации политики ИЗ, разные страны достигали различных результатов. Это позволяет сделать вывод о том, что на успешность ИЗ оказывают влияние различные факторы:



размер внутреннего рынка, богатство страны природными ресурсами и гибкость проведения экономической политики государством.

При анализе эффекта ИЗ в России на рубеже XX–XXI вв. можно отметить, что после кризиса 1998 г. на протяжении нескольких лет наблюдалась тенденция роста отечественного производства и снижения доли импорта в различных секторах экономики. Девальвация (реального) обменного курса привела к снижению доходов населения и доступности импортной продукции. Это послужило началом восстановительного развития в переходной экономике [3, с.118; 4, с.73].

Исследование динамики импорта и отечественного производства в 1998–2003 гг. показывает, что в тех отраслях, где ИЗ было наиболее сильным, обратные процессы замены отечественных товаров импортными при укреплении курса национальной валюты происходят медленнее. На первый взгляд может показаться, что девальвация национальной валюты является исключительно благом, стимулирующим ИЗ и активизирующим отечественную промышленность. Однако следует принять во внимание и множество негативных последствий. К ним относятся утрата доверия к национальной валюте, рост темпов инфляции, снижение покупательной способности населения и т.д.

В целях повышения конкурентоспособности промышленности на долгосрочную перспективу необходимо создавать условия для привлечения инвестиций предприятиями, продукция которых будет способна соперничать с импортной.

Резервы для ИЗ следует искать в институциональном устройстве экономики и информационном обеспечении. Многие российские предприятия обладают необходимым потенциалом для производства ИЗ продукции, но отсутствие в их арсенале современных инструментов маркетинга, коммуникационных технологий и т.п. не позволяет им успешно конкурировать с зарубежными производителями. Для достижения ИЗ необходимо найти определенный оптимум между открытостью экономических границ и необходимостью защиты отечественного производителя. Это потребует совершенствования таможенного законодательства, банковской сферы, улучшения морального климата в сферах политики, экономики, информации [4, с.74].

Многие страны СНГ предпринимают различные шаги в области ИЗ, которые не являются широкомасштабной политикой, а имеют вид отдельных проектов. В данном контексте интересным представляется опыт Республики Беларусь, осуществляющей политику ИЗ с 2001 г. [5]. Государственные программы ИЗ содержат подробную информацию о целях и задачах, системе мер и порядке исполнения. Большое внимание уделено описанию механизмов реализации и социально-экономическим результатам. Планировалось более эффективно использовать свободные производственные мощности, в том числе в депрессивных регионах, создавать новые рабочие места, внедрять новые материал- и энергосберегающие технологии и т.п. Для финансирования приоритетных производств предоставлены льготные кредиты с государственными гарантиями, использованы средства инновационных фондов и активно внедряются новые формы инвестирования. Цели программ ИЗ не ограничены насыщением внутреннего рынка. Акцент сделан на развитие производств с дальнейшей ориентацией на экспорт. Признана необходимость гибкого сочетания методов тарифного и нетарифного регулирования. В некоторых отраслях промышленности наметились положительные тенденции. Например, наибольший положительный результат достигнут на потребительском рынке, где доля импортной продукции снизилась с 24,4% в 2005 г. до 19,0% в 2010 г. [6, с.20].

На основании вышеизложенного рассмотрим перспективы ИЗ в России. На протяжении всей истории развития исследуемой концепции основным средством для достижения ИЗ являлось проведение политики жесткого протекционизма. В современных условиях копирование прошлого опыта ИЗ и принятие существующих экономических теорий в каче-

стве руководства к действию вряд ли целесообразно. Россия является полноправным участником международного рынка ВТО, членство в которой существенно ограничивает применение мер протекционистского характера.

Прежде всего в условиях глобализации и сложившегося международного разделения труда невозможно обеспечить всеобъемлющее ИЗ. Унифицированный подход государства ко всем отраслям промышленности не способствует достижению положительного результата. Существует риск потратить бюджетные средства впустую, безрезультатно пытаясь осуществить ИЗ в неконкурентоспособных отраслях [7]. Существуют отрасли, имеющие стратегическое значение и традиционно требующие дополнительной защиты от импорта со стороны государства (агропромышленный и оборонно-промышленный комплексы) [8, с.83]. Выбор остальных отраслей для ИЗ должен происходить на основе анализа их потенциальной конкурентоспособности и точных экономических расчетов [9]. В большинстве случаев бизнес способен сам выбирать соответствующие виды коммерчески выгодной деятельности, производя продукцию, которая может успешно конкурировать с импортными аналогами и вытеснять их с рынка. Государство должно создавать условия, чтобы у деловых кругов возник интерес к диверсификации бизнеса, инновациям и стремлению к производству новых или более качественных товаров. Создание благоприятного инвестиционного климата, информационное обеспечение, уменьшение административных барьеров способствуют развитию производств в различных отраслях, а значительный по своим размерам внутренний рынок России – развитию ИЗ. Необходимо изначально нацеливать производителя на продвижение своих товаров на мировом рынке, для чего требуется реализация действенных программ государственной поддержки экспорта.

Малый бизнес обладает большим потенциалом в области ИЗ, но из-за высоких накладных расходов и административных барьеров его развитие происходит медленно. Реальная поддержка малого предпринимательства, допуск его к участию в проектах, финансируемых государством, способны увеличить занятость, вызвать рост смежных производств и стимулировать развитие на дальнейшую перспективу.

ИЗ – один из возможных путей освобождения России от зависимости в области экспорта сырьевых товаров. Достижение положительного результата в этой сфере целесообразно не за счет использования устаревших протекционистских инструментов, а прежде всего за счет инноваций и прогрессивной технологической структуры экономики при активном содействии государственных органов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гайдар Е.Т.* Аномалии экономического роста // Вопросы экономики. – 1996. – №12. – С.12–39.
2. *Гельбрас В.* Импортзамещение и экспортная ориентация экономики КНР // Мировая экономика и международные отношения. – 1999. – №7 – С.30–38.
3. *Кадочников П.А.* Анализ импортзамещения в России после кризиса 1998 года. – М.: ИЭПП, 2006. – 148 с. – (Научные труды №95).
4. *Дронов Р.* Стратегия импортзамещения // Экономист. – 2000. – №10 – С.70–74.
5. Государственная программа импортзамещения на 2006–2010 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 24.03.2006 № 402. web: <http://www.pravo.by/webnpa/text.asp?start=1&RN=C20600402>
6. *Витязь П., Дедков С.* Импорт заменят инновации // Экономика Беларуси. – 2012. – №1 – С.20–25.
7. *Путин В.* Вступительное слово на заседании Совета Безопасности по вопросу развития информационного общества в России 25.07.2007 г. web: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/24432>
8. *Бодрунов С.Д.* Теория и практика импортзамещения: уроки и проблемы // СПб.: ИНИР им.С.Ю. Витте. – 2015. – 172 с.
9. *Путин В.* Выступление на пленарном заседании 18-го Петербургского международного экономического форума 23.05.2014 г. web: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/21080> ■

На рубеже XX–начале XXI вв. произошло концептуальное изменение организации [1] корабельных и судовых систем централизованного электропитания (СЦП), которое не могло пройти незамеченным [2]: СЦП из систем защитно-распределительного характера превратились в системы силовой электроники, обеспечивающие потребители бесперебойным питанием [1, 2].

Использование принципа бесперебойного питания в настоящее время позволяет создавать достаточно совершенные СЦП, обеспечивающие работоспособность сложных электронных комплексов (в том числе включающих системы безопасности на потенциально опасных объектах) в условиях снижения качества корабельных сетей и наличия помех. Недостатком существующих систем являются высокие аппаратные затраты, которые напрямую оказывают негативное влияние на их стоимость [3].

Дальнейшее развитие средств силовой электроники позволило сегодня приступить к разработке новой концепции, направленной на дальнейшее совершенствование судовых систем электроснабжения и электропитания с учетом основных параметров надежности, живучести и безопасности.

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ: ТРИ ПОДХОДА К ОРГАНИЗАЦИИ**

Электроснабжение и электропитание – близкие понятия, но не синонимы. Электроэнергетическая система (ЭЭС) судна создает электрическую сеть, формирующую среду электроснабжения с параметрами ~3×380 В, 50 Гц, при том что большинство потребителей имеет параметры электропитания, отличающиеся от указанных. То есть интерфейс электроснабжения отличается от интерфейса электропитания. Получается, что роль системы питания заключается в преобразовании интерфейса и доставке электроэнергии непосредственно до потребителя.

При создании существующих СЦП использовались два подхода к проектированию. Первый сложился исторически, поэтому может быть назван традиционным (ТП).

Второй подход [4] связан с реализацией концепции бесперебойного электропитания, которая была разработана в НПО «Аврора» в 80-е гг. прошлого века и реализовывалась на кораблях и судах в период с 1995 г. по настоящее время. При этом подходе, который будем называть «бесперебойное питание» (БП), параметры корабельной сети электроснабжения априори признаются неудовлетворительными (подлежащими ис-

**СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

*К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, ген. директор,  
С.Н. Сурин, канд. техн. наук, зам. ген. директора,  
А.Е. Федоров, канд. техн. наук, директор института,  
Ю.А. Губанов, д-р техн. наук, проф., начальник отдела,  
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,  
контакт. тел. (812) 297 2311, +7 (921) 425 9368*

правлению). Акцент делается на синтез полностью независимой сети электропитания (инвариантной к параметрам и качеству исходной сети электроснабжения). Основным системообразующим компонентом СЦП, создаваемых на основе БП, является АБП – агрегат бесперебойного электропитания [5], обладающий собственными встроенными средствами аварийной аккумуляторной (батарейной) поддержки [6].

Достоинством БП является то, что для низковольтных потребителей постоянного тока АБП позволяет создавать большое количество гальваноразвязанных фидеров, которые при необходимости можно соединять на потребителях, задействуя в различных комбинациях, что дополнительно повышает показатели надежности и живучести СЦП.

К недостаткам БП, помимо уже упомянутых, оказывающих влияние на стоимость реализации, следует отнести явное недоиспользование возможностей системы электроснабжения, разработчиком которой практически позволяет снизить усилия по обеспечению высокого качества электроэнергии и подавления помех, тогда, как известно, например, что помехи радиочастотного диапазона прямо связаны с искажениями в сети, вызываемыми использованием средств силовой электроники. В этом случае лучшей защитой от помех является не фильтрация в СЦП, а подавление схемотехническими мероприятиями в месте их генерирования.

Отмеченные недостатки закономерно приводят к осознанию необходимости

продолжения работ по совершенствованию СЦП на основе альтернативной концепции, основанной на изменении подхода к системе электроснабжения. На такой концепции основывается третий подход к организации СЦП, к разработке которого приступило НПО «Аврора», получивший название «бесперебойное электроснабжение» (БЭ).

**АГРЕГАТИРОВАННАЯ УСТАНОВКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Идея бесперебойного электроснабжения заключается в исключении из СЦП любых функций, кроме органически ей присущих защитно-распределительных функций и функций преобразования интерфейса. Это исключение должно быть осуществлено за счет доведения качественных показателей сетей электроснабжения до требований потребителей.

В отличие от концепции БП в качестве системообразующего компонента вместо АБП предлагается использование АУБЭС – агрегатированной установки бесперебойного электроснабжения. Структура АУБЭС представлена на рис. 1.

Аналогично БП при организации бесперебойного электроснабжения в основу подхода к использованию имеющихся на судне ресурсов положен так называемый «принцип трех источников, независимых по паре», широко применяемый для организации электроснабжения объектов ядерной безопасности. Принцип, в частности, подразумевает организацию трех независимых источ-

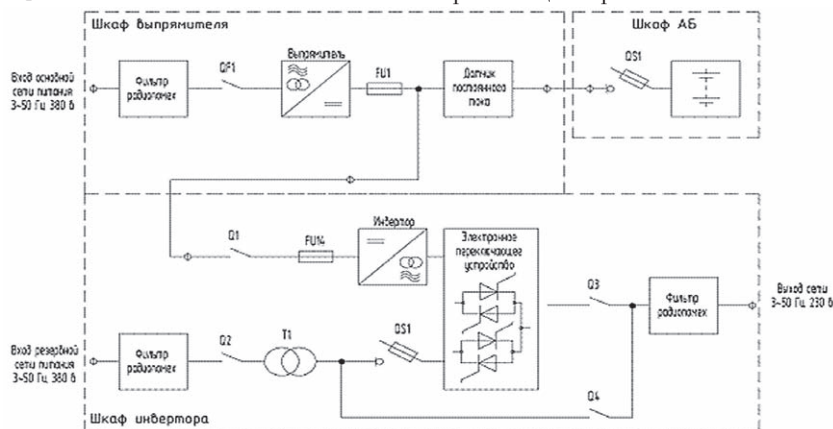


Рис. 1. Структура АУБЭС



ников: основного –  $r_1$ , резервного –  $r_2$  и аварийного –  $r_3$ .

Ресурсы  $r_1$  и  $r_2$  обеспечиваются электроэнергией с параметрами 3–50 Гц, 380 В, вырабатываемой ЭЭС судна, а ресурс  $r_3$  – за счет электроэнергии, запасаемой в аккумуляторных батареях (АБ), встроенных в АУБЭС, емкость которых достаточна для поддержания работоспособности потребителей в режиме полного обесточивания, в течение заранее оговоренного времени  $\tau_{ном}$ .

Бесперебойность обеспечивается в течение всего жизненного цикла судна за счет рационального использования общего ресурса  $R \{r_j, j = 1, 2, 3$  всех трех источников. Рациональность достигается изменением технологии управления ресурсами в зависимости от ситуаций  $C_i$  из множества  $\zeta \{C_i, i = 1 \dots k$ .

Таким образом, аварийный источник представляет собой емкость, запасующую энергию, поступающую от ЭЭС при  $r_1 = 1$  и (или)  $r_2 = 1$  (заряд  $q(t)$ ) и отдающую ее при одновременном пропадании основной  $r_1 = 0$  и резервной  $r_2 = 0$  сетей (разряд  $\varphi(\tau)$ ). Значение  $\theta \{R, \varphi\}$  характеризует состояние обеспеченности потребителей бесперебойным питанием.

Значение реально обеспечиваемого АБ времени разряда на нагрузку  $\tau(t, \varepsilon)$  определяется  $\varepsilon(t, \dot{y})$  – остаточной емкостью АБ (зависящей от времени  $t$  службы АБ и условий ее эксплуатации  $\dot{y}$ ), а также  $t$  – временем, в течение которого осуществлялся заряд АБ. Для того чтобы достичь значения времени разряда  $\tau \geq \tau_{ном}$  необходимо, чтобы выполнялось условие  $t \geq t_{ном}$ . Время  $t$  может оказаться существенно меньше  $t_{ном}$  в том случае, если повторная потеря ресурсов  $r_1$  и  $r_2$  произойдет до того, как АБ успеет полностью зарядиться, т.е., иначе говоря, после первого полного обесточивания ЭЭС судна и разряда АБ повторное обесточивание наступит раньше, чем завершится процесс заряда АБ. Низкому значению остаточной емкости  $\varepsilon$  соответствует низкий уровень напряжения  $U$  АБ. Если напряжение  $U$  ниже номинального ( $U_H$ ) и даже приближается к минимально допустимому (конечному напряжению достигаемому при разряде)  $U_K$  – разряд АБ на нагрузку невозможен. На практике всегда соблюдается условие  $\dot{U}$  при котором еще возможен разряд  $\varphi$  АБ на нагрузку

$$\dot{U}: U \geq U_K \Rightarrow \varphi(\tau) := 1. \quad (1)$$

Отношение  $U \geq U_H$  характеризует состояние АБ как удовлетворительное, а готовность ресурса  $r_3$  к поддержанию бесперебойности питания в режиме полного обесточивания как высокую. Приближение напряжения  $U$  к  $U_K$  говорит о выработке ресурса АБ и необходимости ее замены.

Для сохранения ресурса АБ на практике для ряда систем-потребителей может быть задано предельное время

$\Delta t \leq \tau_{ном}$  обеспечения их батарейной поддержкой. Время  $\Delta t$  выбирают, исходя из технологии использования систем-потребителей для борьбы за живучесть при полном обесточивании, возможны варианты обеспечения бесперебойным питанием на время, достаточное:

- для безопасного отключения;
- для сохранения текущей информации и безопасного отключения;
- для записи информации о событиях, предшествовавших обесточиванию, состояния оборудования на момент обесточивания, сохранения текущей информации и безопасного отключения;
- для проведения оживления ЭЭС при полном обесточивании.

Последний вариант по существу вообще не должен предполагать возможности отключения системы-потребителя от источника батарейной поддержки до завершения оживления (т.е. если следовать логике оживления, единственной причиной для отключения системы-потребителя может быть полное исчерпание ресурсов АБ, отключение осуществляется по конечному напряжению).

Применяя метод, изложенный в [6], оценим обеспеченность потребителей питанием при его организации в соответствии с БП и БЭ.

В соответствии с [6] описание модели бесперебойности  $\forall C_i \subset \zeta$  может быть представлено бинарным графом (рис. 2).

Тогда табл. 1 характеризует управление ресурсами при использовании БП, при этом она описывает всего восемь ситуаций ( $k = 8$ ), в семи из которых обеспечивается бесперебойное питание. Выражение

$$D = (k - 1)/k \quad (2)$$

позволяет оценить степень обеспеченности потребителей питанием. При использовании БП  $D = 0,875$ .

Таблица 1

$\zeta \{C_i\}$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$q(t)$	$\varphi(\tau)$	$\theta \{R, \varphi\}$
$C_1$	1	1	1	1	0	1
$C_2$	1	1	0	-	-	1
$C_3$	1	0	0	-	-	1
$C_4$	1	0	1	1	0	1
$C_5$	0	1	1	1	0	1
$C_6$	0	1	0	-	-	1
$C_7$	0	0	1	0	1	1
$C_8$	0	0	0	-	-	0

Модель бесперебойности при использовании БЭ существенно сложнее. АУБЭС, представленный на рис. 1, получает электроэнергию от ЭЭС судна по основному каналу на выпрямитель ( $B$ ) и по резервному на инвертор ( $I$ ). Физически основной и резервный каналы совершенно равнозначны, но в АУБЭС их ресурсы используются по-разному.

Выпрямитель  $B$  осуществляет преобразование исходного напряжения

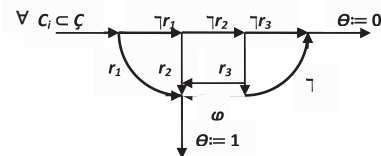


Рис. 2. Алгоритмическая модель бесперебойности при использовании БП

3–50 Гц, 380 В в напряжение постоянного тока, используемое для заряда АБ, а также передаваемое в инвертор  $I$ . Инвертор синтезирует выходное напряжение с параметрами 3–50 Гц, 220 В. С резервного канала в шкаф инвертора на понижающий трансформатор поступает сетевое напряжение 3–50 Гц, 380 В, которое преобразуется в выходной сигнал с параметрами 3–50 Гц, 220 В и объединяется с выходным напряжением инвертора посредством электронного переключательного устройства. Условием соединения является полное совпадение сигнала, синтезируемого инвертором с сигналом резервного канала, преобразованного посредством трансформатора. Такое совпадение достигается за счет использования системы управления инвертора, которая полностью копирует параметры, считываемые с трансформатора.

На рис. 3 представлены результаты осциллографирования процесса объединения сетей в АУБЭС. Красным цветом выделена зона переходного процесса, синим цветом отмечены искажения напряжения по фазам, фиолетовым цветом – искажения тока по фазам.

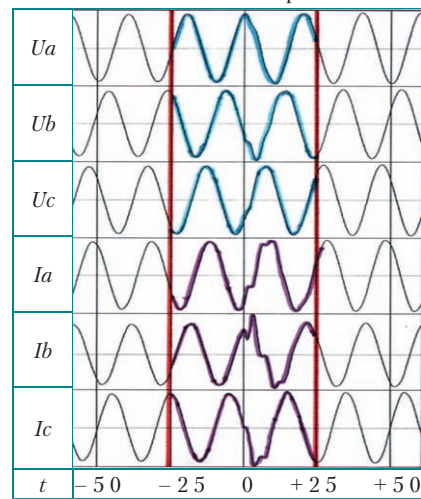


Рис. 3. Объединение сетей в АУБЭС

В АУБЭС реализуется следующий алгоритм синхронизации инвертора, учитывающий реальное состояние резервной сети:

- при нахождении параметров резервной сети в нормированных диапазонах инвертор формирует выходное напряжение, синхронизируемое с сетью;
- при отключении резервной сети или при выходе напряжения сети из заданного диапазона частота выходного напряжения инвертора определяется

встроенным прецизионным кварцевым генератором и равняться 50 Гц, при восстановлении параметров резервной сети до заданных значений инвертор возвращается в режим синхронизации выходного напряжения внешним сигналом напряжения резервной сети (скорость восстановления – не менее 0,2 Гц/с;

– при отклонении частоты напряжения резервной сети за границы выставленной полосы синхронизации, инвертор формирует выходное напряжение с частотой, равной граничному значению полосы синхронизации в сторону отклонения частоты сетевого напряжения; при восстановлении частоты напряжения резервной сети до значения, находящегося в пределах выставленной полосы синхронизации? инвертор возвращается к синхронной работе с сетевым напряжением.

На рис. 4 представлен фрагмент электронного переключающего устройства АУБЭС.

Очевидно, что в отличие от подхода, принятого в БП, в ходе организации БЭ при отказах электронных компонентов АУБЭС электроэнергия резервной сети может использоваться напрямую, что, с одной стороны, повышает возможности СЦП по обеспечению питанием потребителей, с другой – определяет необходимость организации дополнительных мероприятий по контролю параметров качества сети, организации защит и подавлению помех.

Используемые в АУБЭС средства снабжены, в частности, УЗИП – устройствами защиты от импульсных помех. Защита от коротких замыканий (КЗ) и перегрузок осуществляется как традиционным способом с использованием автоматических выключателей, так и с организацией электронных защит. Одним из защитных мероприятий, повышающих эффективность работы АУБЭС, является создание режима ограничения тока, организуемого инвертором при внешних КЗ. По существу инвертором КЗ искусственно переводится в режим перегрузки, а именно: при возникновении КЗ на выходе инвертора принудительно изменяется алгоритм его работы. На 300-й мс инвертор уходит в режим токовой отсечки, при которой выходной ток инвертора формируется ограничением скважности ШИМ на время выхода регулятора тока к значению тока, заданному уставкой токоограничения. При этом форма тока квазисинусоидальная и имеет значение, близкое к номинальному амплитудному, выше уставки токоограничения. Данный режим нужен для создания условий срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Через 300 мс инвертор стабилизирует выходной ток на уровне действующего значения, при этом форма тока синусоидальная и время стабилизации вместе



Рис. 4. Статический ключ электронного переключающего устройства АУБЭС

с отсечкой не превышает 2 с с момента возникновения КЗ. Данный режим нужен для гарантированного срабатывания электромагнитного или теплового расцепителя автоматического выключателя, если отключение еще не произошло. При отключении поврежденного фидера инвертор мгновенно восстановит напряжение и перейдет в нормальный режим работы. Осциллограмма, иллюстрирующая работу инвертора при внешних КЗ представлена на рис. 5.

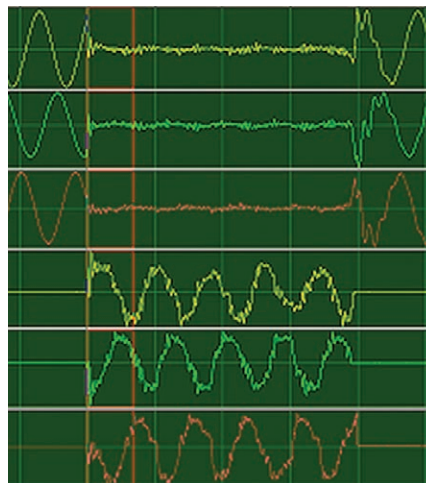


Рис. 5. КЗ с отключением через 100 мс с восстановлением напряжения: три верхние строки – напряжения по фазам, три нижние – токи по фазам

### РАБОТА АУБЭС С СЦП

Отмеченное выше свойство равнозначности основного и резервного каналов первичного электроснабжения, к которым подключается АУБЭС, создает дополнительные возможности по структурному проектированию СЦП. Для объектов ядерной безопасности при создании СЦП используется пара АУБЭС, заранее привязанных к разным основным (резервным) сетям. Рис. 6 характеризует подключение двух АУБЭС для организации питания потребителей на объектах, связанных с обеспечением ядерной безопасности.

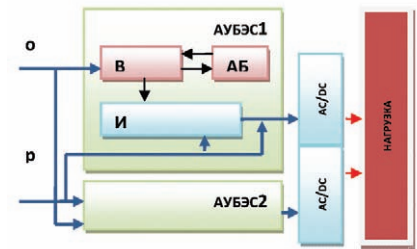


Рис. 6. Схема подключения АУБЭС

Алгоритмическая модель бесперебойности при использовании БЭ представляется значительно более сложной, чем при БП. Во-первых, в ней задействованы не три, а четыре источника ресурсов, поскольку имеется две группы батарей, используемых при организации БЭ, как два совершенно независимых ресурса ( $r_3$  и  $r_4$ ). Во-вторых, имеются две параллельные структуры, работающие на одну нагрузку. Отдельно следует обратить внимание на наличие АС/DC преобразователей на выходе АУБЭС. При питании нагрузки постоянным током это могут быть отдельные согласующие устройства или преобразующие модули в составе потребителей [8].

В терминах [7] алгоритмическая модель БЭ аналитически может быть представлена системой секвенций (3).

$$\left\{ \begin{array}{l} (\Delta U_1 \& \Delta f_1) \vdash r_1; \\ \gamma r_1 \& (\Delta U_2 \& \Delta f_2) \vdash r_2; \\ \gamma r_1 \& \gamma r_2 \& \Delta U_3 \vdash r_3; \\ (\Delta U_2 \& \Delta f_2) \vdash r_2; \\ \gamma r_2 \& (\Delta U_1 \& \Delta f_1) \vdash r_1; \\ \gamma r_1 \& \gamma r_2 \& \Delta U_4 \vdash r_4. \end{array} \right. \quad (3)$$

В соответствии с вышеотмеченным проведем для БЭ оценку обеспеченности потребителей питанием, используя методы, аналогичные принятым для БП (табл. 2).

Табл. 2 описывает 16 ситуаций, в 15 из которых обеспечивается бесперебойность электроснабжения. Используя формулу (2), получаем для БЭ значение степени обеспеченности потребителей электроэнергией существенно выше, чем для БП ( $D = 0,9375 > 0,875$ ).

Таблица 2

$\zeta \{C_j\}$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$q_3(t)$	$q_4(t)$	$\varphi_3(\tau)$	$\varphi_4(\tau)$	$\Theta\{R, \varphi\}$
$C_1$	1	1	1	1	1	1	0	0	1
$C_2$	1	1	1	0	1	-	0	-	1
$C_3$	1	1	0	1	-	1	-	0	1
$C_4$	1	1	0	0	-	-	-	-	1
$C_5$	1	0	1	1	1	1	0	0	1
$C_6$	1	0	1	0	1	-	0	-	1
$C_7$	1	0	0	1	-	1	-	0	1
$C_8$	1	0	0	0	-	-	-	-	1
$C_9$	0	1	1	1	1	1	0	0	1
$C_{10}$	0	1	1	0	1	-	0	-	1
$C_{11}$	0	1	0	1	-	1	-	0	1
$C_{12}$	0	1	0	0	-	-	-	-	1
$C_{13}$	0	0	1	1	1	1	0	0	1
$C_{14}$	0	0	1	0	1	-	0	-	1
$C_{15}$	0	0	0	1	-	1	-	0	1
$C_{16}$	0	0	0	0	-	-	-	-	0



## КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АУБЭС

Использование АУБЭС позволяет осуществлять комплексирование систем электроснабжения в зависимости от задач, решаемых СЦП, и категории потребителей. Вариант, представленный на рис. 6, является наиболее предпочтительным для систем безопасности на объектах с ядерной энергетической установкой, что подтверждает приведенный выше расчет показателя  $D$ . На рис. 7 в виде графа  $\hat{G}_4$  представлены результаты моделирования энергетических потоков для этого варианта. Для наглядности энергетические потоки, обеспечиваемые условной основной сетью обозначены зеленым цветом, а резервной сетью – фиолетовым цветом.

Граф  $\hat{G}_4$  суммарно имеет четыре источника  $R \{r_j\}$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$  и один полюс  $\Pi$ , замыкающий структуру графа на потребители. Ресурсы  $r_1$  и  $r_2$ , обеспеченные судовой ЭЭС, решают задачу возобновления ресурсов  $r_3$  и  $r_4$ .

Аналитически все пути графа  $\hat{G}_4$  описывает система выражений (4). Каждое выражение системы характеризует один из физически различных каналов электроснабжения. Термин «физически различимых» применительно к каналам электроснабжения означает, что в каждом канале используются либо различные физические ресурсы, либо различные физические пути доведения этих ресурсов до потребителей в полюсе  $\Pi$ .

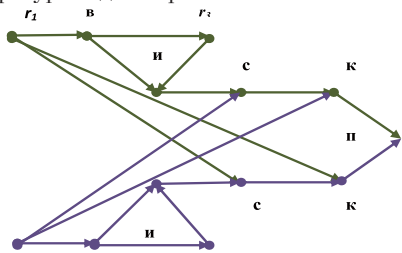


Рис. 7. Модель  $\hat{G}_4$

Наличие восьми выражений в системе (4) говорит о существовании всего восьми физически различных каналов электроснабжения.

$$\left\{ \begin{array}{l} (r_1, \text{в}, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_3, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_1, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_1, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \text{в}, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_4, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \text{к}, \Pi). \end{array} \right. \quad (4)$$

Отметим, что структура  $\hat{G}_4$ , предлагаемая для систем безопасности, обладает высокой степенью избыточности. Рассмотрим структуру  $\hat{G}_3$ , разработанную также на основе АУБЭС в традициях широко используемого сегодня подхода БП (рис. 8).

На рис. 9 представлены результаты моделирования структуры  $\hat{G}_3$ . Модель дополнена устройством ввода резерва

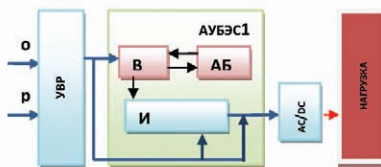


Рис. 8. Схема подключения АУБЭС в соответствии с концепцией БП

(УВР), которое, при принятом условном делении сетей на основную и резервную, представляет собой автоматический коммутатор ( $\chi$ ), анализирующий состояние сетей и переключающий АУБЭС на ресурс с наилучшими параметрами.

Аналитическое описание физической реализации путей графа  $\hat{G}_3$  представлено системой (5), имеющей в своем составе семь выражений.

$$\left\{ \begin{array}{l} (r_1, \chi, \text{в}, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \chi, \text{в}, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_3, \text{и}, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_1, \chi, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_1, \chi, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \chi, \text{с}, \text{к}, \Pi); \\ (r_2, \chi, \text{к}, \Pi). \end{array} \right. \quad (5)$$

То есть использование структуры  $\hat{G}_3$  вместо  $\hat{G}_4$  снижает число физически различных каналов электроснабжения с восьми до семи, при этом аппаратные затраты на реализацию системы снижаются почти вдвое.

### АУБЭС И СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

На судах с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) всегда выделяют систему аварийного электроснабжения в составе ЭЭС судна. Эта система должна быть укомплектована аварийными дизель-генераторами (АДГ), работающими на индивидуальные распределители (АРЩ). Параллельная работа АДГ с другими источниками ЭЭС не предусматривается.

Целью создания системы аварийного электроснабжения является обеспечение электроэнергией ограниченного состава потребителей, поддерживающих безопасность судна, при любых неисправностях оборудования ЭЭС. Эти потребители подключены к специально выделенным РЩ, соединенным с ГРЩ и АРЩ фидерными выключателями.

Ограниченная мощность АДГ всегда ставит проектанта перед необходимостью жесткого отбора потребителей, допущенных к подключению к АРЩ. Использование АУБЭС позволяет отключить часть потребителей от АРЩ и соответственно разгрузить АДГ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетний опыт реализации и эксплуатации корабельных и судовых СЦП, созданных на основе концепции БП, с учетом последних разработок в области силовой электроники позволя-

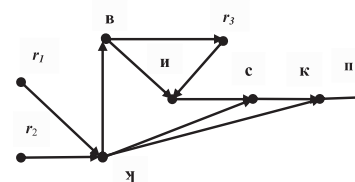


Рис. 9. Модель  $\hat{G}_3$

ет сформировать принципиально новый подход, основанный на организации бесперебойности в системе электроснабжения и получивший название БЭ – бесперебойное электроснабжение.

Первоначально разработка БЭ была ориентирована на системы, обеспечивающие безопасность объектов ядерной энергетики на кораблях и судах. Созданные для этого агрегатированные установки бесперебойного электроснабжения (АУБЭС) позволяют достигать существенно более высоких показателей обеспеченности судовых потребителей электроснабжением.

Моделирование систем электроснабжения и электропитания показало, что для кораблей и судов с неатомной энергетической установкой возможны достаточно эффективные модификации структуры БЭ с использованием таких же АУБЭС, но при существенном снижении затрат на реализацию.

На судах с ЯЭУ использование АУБЭС позволяет отключить часть потребителей от АРЩ и соответственно разгрузить АДГ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Ю.А. Централизованное электропитание корабельных систем управления // Электрическое питание. – 2002. – № 3. – С. 43–46.
2. Войтецкий В.В., Губанов Ю.А., Сурин С.Н. Организация систем бесперебойного электроснабжения корабельных электронных комплексов // Морской вестник. – 2003. – № 3 (7). – С. 53–56.
3. Войтецкий В.В., Шилов К.Ю. Проблема оценки стоимости современных систем управления техническими средствами кораблей ВМФ // Морская радиоэлектроника. – 2002. – № 1. – С. 28–31.
4. Губанов Ю.А., Рядкова Т.Ю. Системные вопросы бесперебойного централизованного электропитания // Электропитание. – 2011. – № 4. – С. 18–23.
5. Губанов Ю.А., Федоров А.Е. Интегрированный агрегат бесперебойного электропитания электронных систем подводных лодок: техническая структура, метод адаптивного синтеза, аппаратно-программная реализация // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ФНПЦ «НПО «Аврора». – СПб., 2006. – Вып. 11. – С. 34–47.
6. Губанов А.Ю., Губанов Ю.А. Аккумуляторная поддержка в корабельных системах электропитания // Морской вестник. – 2012. – № 2 (42). – С. 33–34.
7. Шилов К.Ю. Технические и технологические направления развития цифровых систем морской радиоэлектроники // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – 2015. – Вып. 31. – С. 3–11. ■

После окончания Великой Отечественной войны и восстановления промышленности в нашей стране в 50-е гг. разработкой исполнительных механизмов и гидрооборудования занимались КБ-проектанты заказов, комплектуя каждый проект своими оригинальными изделиями, которые, в свою очередь, изготавливались на заводах-строителях. Такое состояние дел приводило к увеличению перечня разнообразной номенклатуры в зависимости от завода-судостроителя, что достаточно усложняло обслуживание кораблей и подводных лодок в местах базирования. В связи с этим в 60-е гг. правительством было принято решение о развитии специализированного производства гидравлического оборудования для судового машиностроения как самостоятельной отрасли с целью повышения унификации. Это привело к постепенной передаче производства изделий гидравлики и гидроприводных изделий на завод им. С. М. Кирова (г. Алма-Ата) и «Пролетарский завод» (г. Ленинград).

Такая же ситуация возникла и в области проектирования. В составе ЦКБ «Пролетарского завода» в 1965 г. был организован отдел гидравлики, которому были переданы все оригиналы действующей документации на изделия гидравлики.

В 1970 г. это ЦКБ было выделено в отдельное проектное предприятие – Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения (ЦНИИ СМ). В дальнейшем все работы по разработке гидрооборудования и гидроприводных изделий выполнялись ЦНИИ СМ. Среди разработок института следует отметить следующие изделия:

- судовые распределители типа РЭГ (распределители электрогидравлические) для изделий, находящихся в продолжительном «ждущем» состоянии с обеспечением вероятности срабатывания 0,99;
- судовые гидроэлектроманипуляторы типа ГЭМ;
- ряд унифицированных гидромашинок для подводных технических средств;
- серии пневмогидроаккумуляторов мембранных и поршневых с сигнализацией в крайних положениях (механические и бесконтактные-магнитоуправляемые);
- ряд блоков управления с номинальным расходом 3, 5, 14, 16, 21, 25, 120, 400, 560 л/мин (распределитель + ограничитель расхода);
- судовая гидроаппаратура (различные клапаны, гидрозамки, запорные клапаны, быстроразъемные соединения и т. п.);
- целый ряд судовых аксиально-поршневых насосов и моторов объемом от 0,012 до 2 л/об;

## ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ГИДРОСИСТЕМ

*Д.С. Пахомов, зам. гл. конструктора,  
Д.В. Ракитский, начальник сектора,  
В.А. Эпитов, вед. инженер-конструктор, ЗАО «ЦНИИ СМ»,  
контакт. тел. (812) 600 1280, доб 2048, +7 (904) 334 8845*

- радиально-поршневые моторы объемом от 0,25 до 16 л/об;
- ряд насосных агрегатов потребляемой мощностью от 300 Вт до 160 кВт;
- различные модификации гидроприводных автономных и неавтономных специальных устройств общей потребляемой мощностью от 10 до 160 кВт.

Технические требования к гидрооборудованию постоянно повышались и для поддержания характеристик на соответствующем уровне велись работы по модернизации и усовершенствованию оборудования. Так, по результатам работ по темам «Ресурс-3» и «Ресурс-4» основные показатели надежности были повышены до современных требований.

### ГЛУБОКОВОДНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Начиная с 1972 г. наше предприятие стало активно развивать новое направление – погружные заборные гидрокомплексы для глубоководных технических средств со специфическими требованиями к механизмам и устройствам, а именно к излучающим шумам поверхности соприкосновения с окружающей средой (морской водой), к которым предъявлялись весьма жесткие требования. Особенность всего погружного оборудования глубоководных технических средств состоит в обеспечении его надежной работы в течение двух-трех месяцев из-за отсутствия доступа персонала для технического обслуживания при выполнении задач в море. Гидросистема такого типа расположена за бортом и может обслуживаться только на твердом основании в условиях дока.

В результате проведенных опытно-конструкторских работ (ОКР) в сжатые сроки в ЦНИИ СМ были созданы следующие унифицированные комплексы механизмов и устройств для глубоководных технических средств:

- манипуляторные устройства;
- блоки распределителей типа КУП (рис. 1);
- компенсаторы давления типа КДП;
- заборная регулирующая гидроаппаратура;
- электроприводные насосные агрегаты типа НАК;
- гидроприводные насосные агрегаты;

- ряд гидромашинок поворотного типа МГПП (момент от 250 до 16 000 Н·м) (рис. 2);
- ряд радиально-поршневых гидромоторов;
- ряд аксиально-поршневых насосов и гидромоторов;
- типоряд приборов управления ПУ (см. рис. 2).

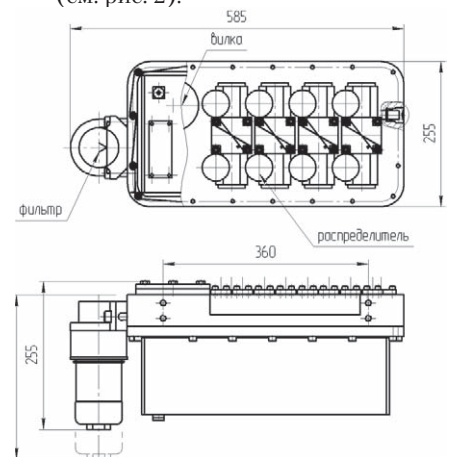
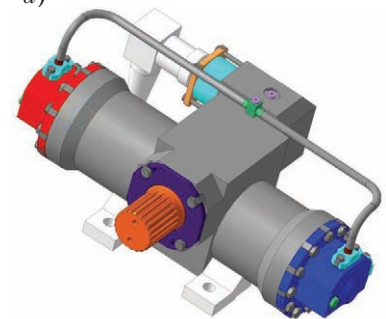


Рис. 1. Блок распределителей КУП а)



б)

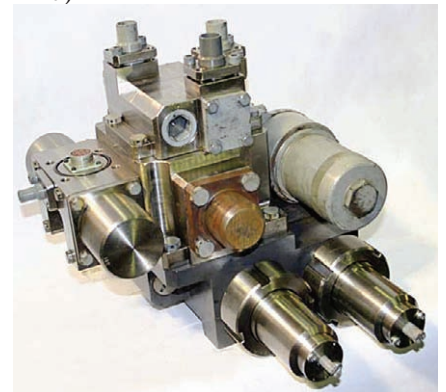


Рис. 2. Машина гидравлическая поворотная МГПП (а) и прибор управления ПУ (б)

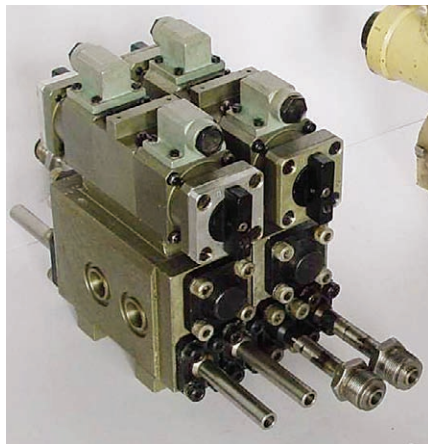


## СУДОВАЯ ГИДРОАППАРАТУРА

В связи с распадом СССР завод им. С. М. Кирова (г. Алма-Ата), на котором было освоено массовое производство судовой гидроаппаратуры и гидроприводов, оказался за рубежом. Поэтому было принято решение о разработке новых распределителей на основе широко распространенных на тот момент гидроэлектроманипуляторов типа ГЭМ (рис. 3).

Анализ конструкции распределителей, применяемых в судостроении и других областях промышленности России и за рубежом, показал, что наряду с традиционными методами монтажа оборудования все чаще применяются стыковой, модульный и секционный способы, определяющие и саму конструкцию новых распределителей.

а)



б)

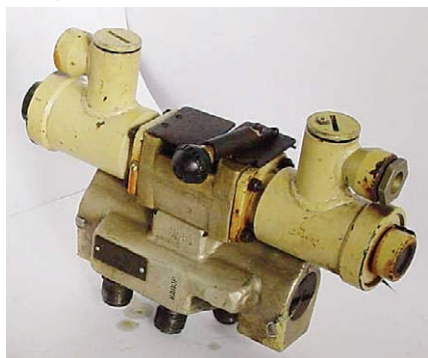


Рис. 3. Распределители РЭС (а) и ГЭМ (б)

Учитывая острую необходимость комплектации новых заказов современным гидрооборудованием, в 1998 г. ЦНИИ СМ предложил новую секционную схему компоновки распределителей в блоки применяемого чаще всего типоразмера Ду10 – распределителей типа РЭС (рис. 3).

Кроме этого, были разработаны гидрораспределители в стыковом исполнении типоразмеров Ду10, 20, 32 – распределители типа РЭ.

В гидрораспределителях для присоединения к системе вместо штуцерно-торцевых соединений были применены

штуцерно-нипельные соединения с радиальным уплотнением. Эти соединения по надежности и удобству эксплуатации хорошо зарекомендовали себя в погружных гидросистемах.

Данные решения значительно упростили монтаж оборудования. Отпала необходимость во множестве промежуточных соединений и тройниках, что значительно повысило надежность систем гидравлики и упростило обслуживание оборудования на заказах в целом.

При создании сложных гидрокompлексов, таких как лебедки специальные ЛГС 42, ЛГС 39-2, спускоподъемные устройства типа «Минотавр-М», устройства постановки-выборки (УПВ) и швартовно-якорные шпильки ШГ25-1, ШГ28, выявилась необходимость в дополнительном распределителе Ду4 прямого действия.

В этих изделиях применялся распределитель Ду10 с заведомо заниженными параметрами по пропускаемому расходу рабочей жидкости. Данный распределитель представляет собой моноблок с двухкаскадной схемой управления, в котором имеется каскад управления – гидропилот и исполнительный гидрораспределитель. Конструктивно такой распределитель был достаточно велик. В связи с этим в ЦНИИ СМ в рамках ОКР для спуско-подъемного устройства гидроакустического комплекса «Минотавр-ИСПН» был разработан распределитель золотниковый прямого действия РПД (рис. 4) с сохранением присоединительных размеров и обеспечением расхода рабочей жидкости до 10 л/мин при номинальном рабочем давлении 16 МПа вместо гидропилота, у которого схема коммутации включения организована клапанами и пропускная способность не более 2–3 л/мин.

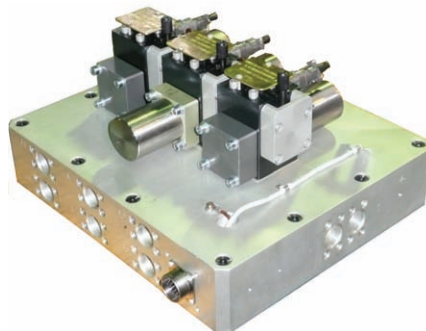


Рис. 4. Блок с распределителями типа РПД

Для сохранения габаритов распределителя в пределах гидропилота было принято решение об установке втулки в корпус на анаэробный герметик, тем самым исключив пять колец уплотнения втулки и корпуса. Данная технология позволила упростить и ускорить сборку распределителя РПД.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Отдельно стоит отметить, что при создании распределителей РЭ, РЭС, КУП, РПД из-за отказа поставки электромагнитов заводами-изготовителями (ОАО «Электросила», Санкт-Петербург, и завод им. С. М. Кирова, Алма-Ата), были проведены ОКР по созданию электромагнитов малой потребляемой мощности от 8 до 15 Вт для судовых погружных и обычных гидрораспределителей. Одной из особенностей данных электромагнитов является нахождение якоря в гидравлической полости (мокрый якорь). Поэтому конструкция ярма и технология его изготовления должны обеспечивать прочное и герметичное соединение для изоляции обмотки электромагнита от рабочей жидкости. Для обеспечения герметичности полости якоря применялись различные технологии изготовления:

- заливка бронзы в заготовку;
- пайка оловом;
- сварка электродуговая;
- сварка лазером.

При испытаниях опытных образцов и по результатам эксплуатации были выявлены недостатки, из-за которых невозможно было обеспечить высокую надежность изделий, например:

- при заливке бронзы в заготовку оставались поры;
- при работе изделий на жидкости ПГВ пайка оловом через 5–6 лет теряла герметичность;
- сварка электродуговая и сварка лазером не обеспечивали необходимые размеры бронзовой вставки, вследствие этого не обеспечивались необходимые характеристики магнита.

При поиске технологии соединения стали и бронзы разработчики остановились на технологии сварки стали и бронзы трением, позволяющей гарантированно обеспечить прочное и герметичное соединение.

## РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ

По мере развития отечественного производства и расширения области применения гидрооборудования с целью обеспечения пожаробезопасности подводных лодок ЦНИИ СМ приняло участие в работах по применению негорючих рабочих жидкостей, таких как жидкости ФНГЖ, ПГВ, «Полос», «Полос 50». Впоследствии негорючие жидкости нашли широкое применение в качестве гидравлических жидкостей на надводных кораблях.

## БОЛЬШИЕ КОМПЛЕКСЫ (СИСТЕМЫ)

За последнее время ЦНИИ СМ разработал комплексы большой мощности, таких как изделия КУМПТГ, ГСПУ 58, «Минотавр-ИСПН», ЛАБ 80, «Стру-

на», а также различные судовые краны и грузоподъемные системы на базе гидравлических приводов. Все эти изделия различны по функциональному назначению, но их объединяет общая концепция конструирования гидросистем, которая заключается в модульной компоновке. Разбивка изделия на функциональные малые системы и объединение гидрооборудования в отдельные стыковые блоки позволяет оптимизировать массогабаритные параметры и избежать большого числа соединений, трубопроводов и упростить монтаж. Данный принцип конструирования облегчает процесс испытаний, наладки и обслуживания при эксплуатации, так как каждый блок проверяется на функционирование отдельно, что позволяет выявить локальные недоработки. Гидрооборудование, которое раньше поставлялось россыпью, монтировалось на кораблях в местах не всегда доступных для обслуживания при эксплуатации, что нередко приводило к фатальным последствиям при возникновении нештатных ситуаций.

При разработке и изготовлении изделия КУМППГ были разработаны распределители и ограничивающая аппаратура с номинальным расходом до 600 л/мин (проходное сечение DN 50) и рабочим давлением 22 МПа. При таких параметрах только один распределитель с корпусом из алюминия весил 150–200 кг.

На рис. 5 представлен пример компоновки гидрооборудования лебедки буксирной с тяговым усилием 100 т, объединенной в единый модуль. При таком подходе значительно упрощается процесс монтажа трубопроводов на корабле, так как основные гидросвязи выполнены внутри модуля.

В настоящее время в ЦНИИ СМ ведутся работы по разработке гидравлических изделий большой мощности, в которых компоновка будет осуществля-

ся в объеме стандартного морского контейнера, что, в свою очередь, упростит монтаж на заказе, транспортировку и такелажные работы. Применение закрытого контейнера обеспечивает возможность расположения гидро модуля с оборудованием на открытой палубе.

### МОРСКАЯ ВОДА

В последнее время в гидравлических системах широкое применение находит пресная вода в качестве рабочей жидкости. Для гидравлических систем глубоководной техники логичным развитием этого направления было бы использование морской воды в качестве рабочей жидкости. По физическим и химическим свойствам биологической активности, морская вода кардинально отличается не только от традиционных минеральных жидкостей, но и от пресной воды.

Одной из проблем использования гидравлических систем в подводных аппаратах является обеспечение необходимых уровней надежности. Многолетняя практика эксплуатации подводных аппаратов показала, что основная часть отказов обусловлена проникновением в гидросистему морской воды. Последствиями обводнения гидросистем являются ухудшение параметров минеральной рабочей жидкости, необратимые коррозионные разрушения внутренних частей оборудования и снижение сопротивления изоляции в силовых и слаботочных электрических цепях, расположенных в гидравлических полостях. Возможности конструктивного совершенствования компонентов уплотнения подводной техники с целью обеспечения их гарантированной наружной герметичности на сегодняшний день практически исчерпаны.

Морская вода является сферой обитания различных биологических объек-

тов. Поэтому в рабочей жидкости всегда будет содержаться некоторое количество микроорганизмов, а также продуктов их жизнедеятельности.

Для возможности использования морской воды как рабочей жидкости необходимо решить следующие основные задачи:

- исполнение конструкции гидроэлементов только из коррозионно-совместимых материалов;
- выполнение повышенных требований, которые определяет низкая вязкость воды, к величине зазоров в конструкции гидроэлементов и точности изготовления деталей;
- обеспечение изоляции электрических цепей, которая необходима из-за электропроводности морской воды;
- поиск новых материалов и технологий для нагруженных пар трения из-за слабых смазывающих свойств морской воды;
- обеспечение чистоты рабочей жидкости от присутствующих микроорганизмов и органических веществ;
- разработка мероприятий, снижающих опасность повреждения гидросистемы, возникающую вследствие замерзания морской воды при температуре ниже  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В данном направлении активно ведутся работы по адаптации результатов испытаний ФЦП «Гидромарис», проведенной МГТУ им. Н. Э. Баумана в 2014 г., для применения в судовых забортных гидро приводах.

### ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ, РАЗРАБОТАННЫЕ И ОСВОЕННЫЕ ЦНИИ СМ

Основными элементами любого гидро привода являются насосы и гидромоторы, которые, как правило, определяют технические возможности и совершенство гидрофицированного механизма. Успешное освоение новых механизмов на базе объемного гидро привода возможно при наличии достаточной номенклатуры гидромашин с высокими эксплуатационными характеристиками. По этой причине работы по освоению и созданию гидромашин были одним из основных направлений деятельности ЦНИИ СМ.

К 1970 г. судовой и корабельный гидро приводы базировались на ограниченной номенклатуре гидромашин. Аксиально-поршневые гидромашин были представлены рядом насосов типа ПД, моторами типа ПМ, поставляемыми Подольским электромеханическим заводом, и насосом АПН 200. Также было начато производство гидромашин по лицензии фирмы «Константин Раух» (ФРГ) на Кировоградском, Одесском и Свердловском заводах Минстройдор-маша. Кроме того, в гидросистемах ко-

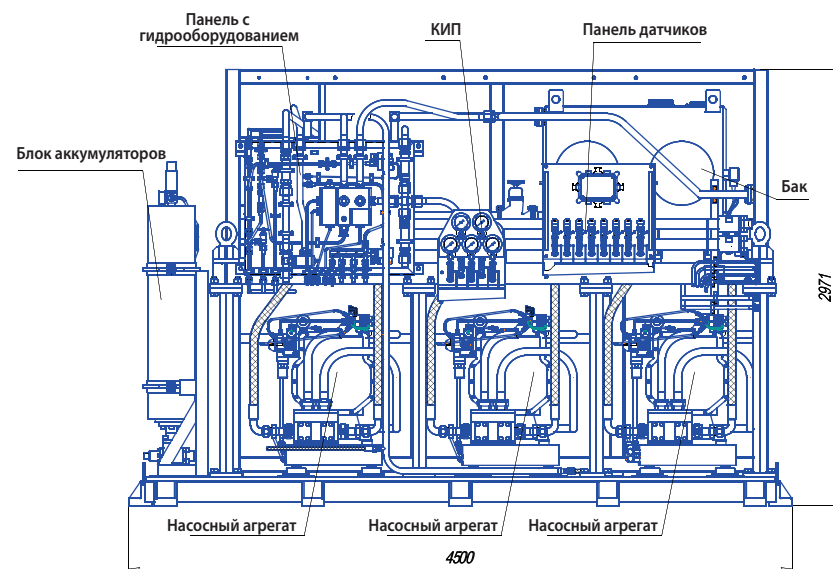


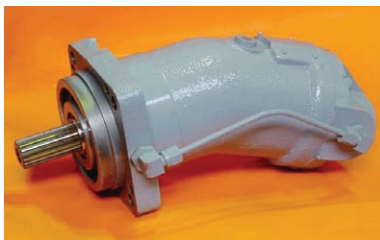
Рис. 5. Гидро модуль лебедки буксирной (масса 80 т)



раблей в ряде случаев находили применение аксиально-поршневые машины, выпускаемые предприятиями авиационной промышленности. Из радиально-поршневых машин можно отметить насосы НПМ, гидромоторы ГРП 2 и специальные гидромоторы ГБМ. Недостаточное число исполнений машин по типу регулирования рабочих объемов, невысокие, в большинстве случаев, значения их рабочих параметров, сложности приобретения и отсутствие в стране гидромашин с большими рабочими объемами вызвали необходимость закупки и освоения лицензий на производство аксиально-поршневых насосов и гидромоторов, а также радиально-поршневых гидромоторов более совершенной конструкции. Возникла необходимость в разработке и освоении специальных поршневых гидромашин, отвечающих требованиям, предъявляемым к судовому и корабельному гидроприводу.

На базе «Пролетарского завода» было освоено производство ряда аксиально-поршневых гидромашин типа МГ (нерегулируемые гидромоторы и насосы) и НК (регулируемые насосы). Всего восемь типоразмеров по рабочему объему гидромашин с диаметрами поршня 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 и 63 мм и около 40 различных модификаций (рис. 6).

а)



б)

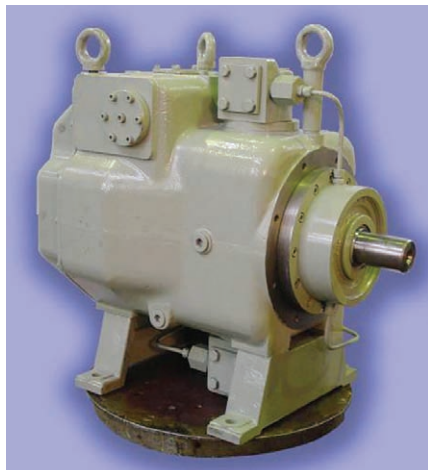


Рис. 6. Гидромоторы типа МГ (а) и насосы типа НК (б)

Большие типоразмеры (диаметр поршня – 40, 50 и 63 мм и максимальное рабочее давление – 35 МПа) были освоены в производстве по лицензии, приобретенной непосредственно у фирмы «Константин Раух», для обеспечения

мощными источниками питания и исполнительными приводами различных изделий: лебедок, устройств передачи грузов в море на ходу траверзным способом, спуско-подъемных устройств, судовых грузовых кранов, рулевых машин и других мощных механизмов. Документацией на гидромашину большого типоразмера в России обладает только ЦНИИ СМ.

Малые типоразмеры (диаметр поршня – до 32 мм и максимальное рабочее давление для МГ12–25 – 25 МПа, для МГ32 – 35 МПа) были освоены по лицензионной документации Минстройдормаша ввиду отказа Минстройдормаша от поставок гидромашин для нужд Минсудпрома.

Освоение лицензионных гидромашин типа НК и МГ стало для специалистов ЦНИИ СМ хорошей школой изучения современных конструкций гидромашин и способов их регулирования. При этом в конструкцию гидромашин типоразмеров 20, 25, и 32 на стадии их освоения была успешно введена гидростатическая разгрузка подшипников, что позволило существенно повысить ресурс гидромашин (с 4000 до 10 000–12 000 часов). Были решены вопросы по созданию специальных малошумных подшипников, освоена технология бронзирования стальных блоков и отливки прочного чугуна.

Высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы многократного действия типа 4070 и 6070 были освоены производством по лицензии фирмы «Хэгглюндс» для судового палубного электрогидравлического крана С-818. Применение гидромоторов такого типа позволяет создавать простые и компактные безредукторные приводы с высоким КПД.

В последующие годы специалистами ЦНИИ СМ были разработаны десятки аксиально- и радиально-поршневых гидромашин различного назначения. Число изготовленных макетных и опытных образцов составило около пятидесяти моделей без учета лицензионных машин.

Далее рассмотрим основные направления работ по созданию новых гидромашин и назовем основные образцы, в настоящее время находящиеся в производстве или представляющие интерес для создания новых типов гидрофицированных механизмов.

#### АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫЕ ГИДРОМАШИНЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

На базе приводных узлов лицензионных гидромашин типа НК 12 и НК 20 были созданы самовсасывающие насосы постоянного давления с автоматическими регуляторами подачи (рис. 7). Такие насосы обеспечивают возможность

питания нескольких потребителей при поддержании постоянного давления рабочей жидкости в гидросистеме и могут использоваться в групповом гидроприводе. При этом регулятор обеспечивает автоматическое изменение величины подачи от нулевой до максимальной и наоборот, в зависимости от давления в системе. Такие насосы преддоставлены в настоящее время двумя модификациями – 12 НРДС и 20 НРДС и оснащены двухкаскадным регулятором подачи.

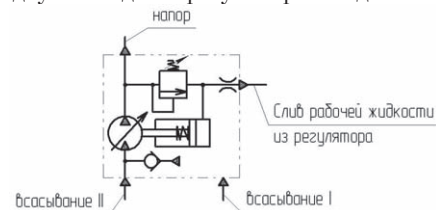


Рис. 7. Принципиальная схема насосов типа НРДС

Перспективным направлением развития современных гидрофицированных механизмов является применение в них системы управления с электрогидравлическими преобразователями. При этом достигается значительное упрощение конструкции регуляторов насосов и системы управления в целом.

Для рулевой машины РМ 160 с локальной системой управления собственной разработки на базе насосов НК с гидравлическим управлением был спроектирован регулируемый насос с пропорциональным электрогидравлическим управлением, успешно прошедший все испытания.

Следующим перспективным шагом в отечественном судовом машиностроении является введение в контур управления программируемых элементов микропроцессорной техники. Эта технология позволит унифицировать насос и адаптировать закон управления к различным условиям эксплуатации за счет замены или настройки электронного блока, что, в свою очередь, расширит область его применения.

#### РАДИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫЕ ГИДРОМОТОРЫ МНОГОКРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ

С учетом современной теории расчета конструкций радиально-поршневых машин многократного действия и удачной конструктивной схемы освоенных лицензионных машин типа 4070 и 6070 были разработаны высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы ГРП 16К и ГРП 7К с вращающимся корпусом. Гидромоторы предназначались для привода специальных лебедок, обеспечивающих постоянное натяжение несущего каната при передаче грузов в море на ходу траверзным способом. За счет отсутствия редукторов и использования гидромоторов в качестве опор

лебедки обеспечиваются высоким КПД, простота и компактность механизмов. Благодаря выбору рациональной кинематики поршневых групп по методикам Института горного дела им. Акад. А. А. Скочинского, гидромоторы ГРП 16К (рабочий объем 16 л/об) и ГРП 7К (рабочий объем 7 л/об) имеют более высокую максимальную частоту вращения (100 и 70 об/мин соответственно) и небольшое давление в сливной магистрали (0,5 и 0,8 МПа соответственно) по сравнению с гидромоторами 4070 и 6070 (32 и 27 об/мин, 1,8 МПа соответственно).

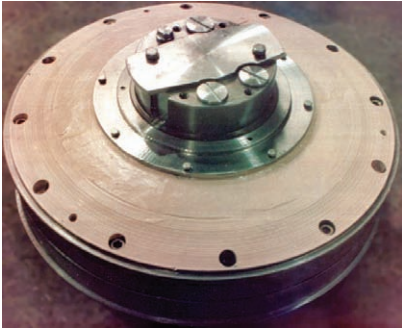


Рис. 8. Гидромоторы типа 4070, 6070

В связи с началом работ по освоению Мирового океана и созданием подводных аппаратов и научно-исследовательских подводных лодок был разработан ряд специальных погружных гидравлических механизмов. К ним относятся освоенные производством погружные гидромоторы серии ГРПП 0,25 с индексами В, ВМ, В1 с вращающимся валом (рис. 9) и модификация ГРПП 0,25К с вращающимся корпусом. Все модели имеют рабочий объем 0,25 л/об и отличаются по уровню виброактивности. В ходе работ по этим гидромоторам разработана методика расчета основных конструктивных параметров и характеристик радиально-поршневых гидромоторов с помощью вычислительных программ, что позволило снизить трудоемкость работ по проектированию этих машин. При этом обеспечиваются заданные напряжения в узлах гидромотора, скорости жидкости, ресурс и эксплуатационные параметры при минимально возможном размере машины. С целью определения путей снижения виброактивности машин были проведены теоретические и экспериментальные исследования как конструктивных схем, так и рабочего процесса вследствие отсутствия теории виброактивности машин этого типа.

Позже были разработаны гидромоторы ГРП 0,25ВМ-А и ГРП 0,25В с алюминиевым и стальным корпусом соответственно, а также двухрядный гидромотор ГРП 2,5В для маломощной лебедки ЛГС 38. Гидромотор ГРП 0,25В имеет самый широкий диапазон частоты вращения – от 2 до 240 об/мин и используется во многих лебедках и уст-

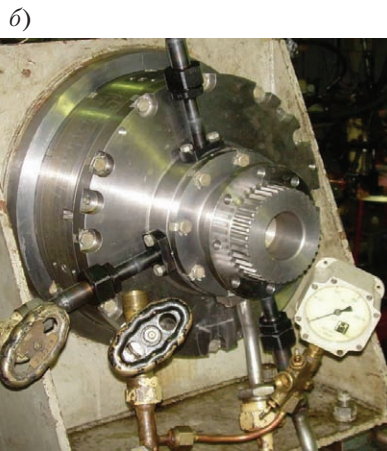
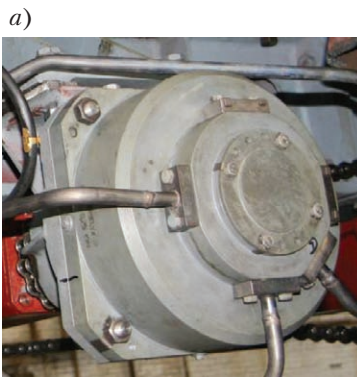


Рис. 9. Гидромоторы типа ГРПП 0,25 (а), ГРП 2,5 (б) ГРП 0,25 (в)

ройствах, разработанных ЦНИИ СМ, таких как ЛГС 37М, ЛГС 37М1, ЛГС 39-2, «Минотавр-ИСПН» и др.

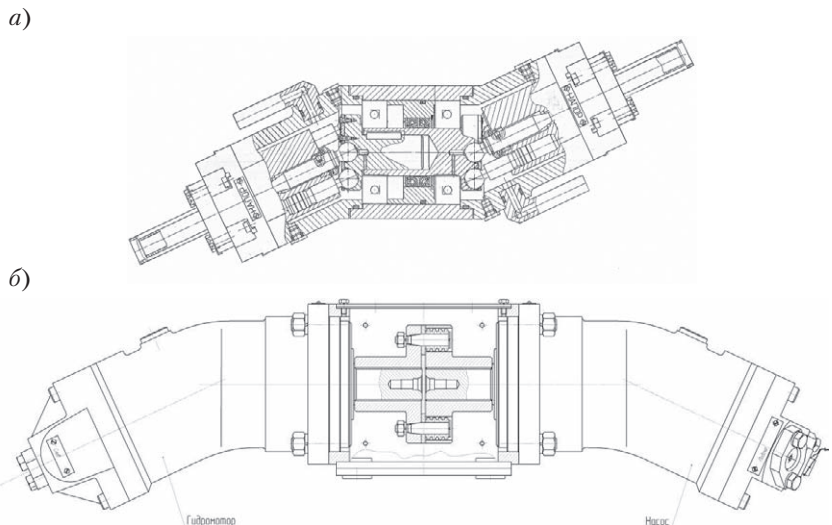


Рис. 10. Разделитель сред АГН 17/17 (а) и АГН 25/25 (б)

В 2014 г. взамен морально устаревшего гидромотора ГРП 2АМ был разработан единственный в стране высокомоментный радиально-поршневой гидромотор маломагнитного исполнения ГРП 3ВМ. Накопленный опыт конструирования радиально-поршневых гидромоторов позволил устранить недостатки устаревшей конструкции и применить в конструкции нового гидромотора современные технические решения, которые улучшили его характеристики (увеличили момент страгивания и КПД гидромотора за счет исключения резиновых колец в поршневой группе и замены катков с подшипниками скольжения на катки с подшипниками качения) и упростили конструкцию (уменьшили число поршней, исключили контр-копир, усложнявший конструкцию).

### РАЗДЕЛИТЕЛИ СРЕД И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Необходимость освоения агрегатов такого типа связана с работами ЦНИИ СМ по созданию забортных механизмов. При использовании в качестве источника энергии общекорабельной системы гидравлики для погружных механизмов возникает опасность обводнения при разгерметизации забортной части гидросистемы. Для исключения такой ситуации устанавливаются разделители сред. Наиболее эффективными являются машинные разделители на базе двух аксиально-поршневых машин с жестко связанными валами и уплотнительными элементами, разделяющими полости машин. Учитывая благоприятную схему нагружения подшипников при встречной установке приводных узлов машин, в разделителях сред применяются облегченные подшипниковые узлы, что уменьшает массу и габаритные размеры изделия.

Преобразователи имеют аналогичную конструкцию. Для получения различных параметров на входе и выходе



преобразователя устанавливают гидромашину с разным рабочим объемом. При наличии уплотнения между полостями гидромашин преобразователь выполняет одновременно и функцию разделителя рабочих сред.

Производством освоены разделители АГН 17/17-1, АГН 25/25 (рис. 10) и РМАП 0,915 амортизированного исполнения, погружные разделители АГН 17/17, АГН 20/20, преобразователи ГПП 100/40 и ГПК 100/40. Преобразователь ГПК 100/40 имеет капсулированное исполнение.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ

Развитие работ по созданию специальной подводной техники потребовало разработки комплекта погружного оборудования, удовлетворяющего чрезвычайно жестким требованиям по виброактивности. Одной из задач было создание для глубоководных аппаратов и научно-исследовательских подводных лодок погружных насосных агрегатов, которые являются источниками гидравлического питания для всех исполнительных механизмов. Ввиду жестких ограничений для этих гидромашин по габаритам и виброшумовым характеристикам (ВШХ) был проведен большой объем теоретических

и экспериментальных работ по поиску возможных технических решений и отработке конструкции агрегатов.

Первая модель агрегатов с индексом НАП 33/100 отличалась простотой конструкции, надежностью и небольшими массогабаритными показателями, однако при этом не обеспечивался требуемый уровень виброактивности.

Путем применения специального капсулирования насосных агрегатов и продолжения работ, направленных на снижение уровней вибрации в «источнике» (гидромашине), повышения эффективности внешней амортизации и гасителей пульсации, были созданы модификации погружных капсулированных насосных агрегатов НАК 33/100, НАК 20 и НАК 16. НАК 16 – наиболее надежный в эксплуатации насосный агрегат, так как в его конструкции применен бескомпаундный электродвигатель вместо электродвигателя с компаундированной обмоткой статора, как в других насосных агрегатах.

Для систем с менее жесткими требованиями по виброактивности разработаны малогабаритные агрегаты НАП 10/100Р и ЭНА 3/150. Первый агрегат создан для глубоководного аппарата «Консул» и имеет погружное исполнение (работает при внешнем гидростати-

ческом давлении до 65 МПа), а второй предназначен для установки в сухих помещениях.

В 2015 г. для погружного бурового комплекса разработан погружной шестеренный гидронасос, рабочей жидкостью которого является морская вода. Подача насоса при частоте вращения 980 об/мин – не менее 40 л/мин, максимальное давление на выходе – 2,5 МПа. В настоящее время насос проходит макетные испытания.

В процессе проектирования возникли проблемы с выбором антифрикционных материалов для трущихся пар, так как износ движущихся элементов приводит к заеданиям, задирам и может привести к преждевременному выходу из строя. Для повышения надежности пар трения требуются износостойкие материалы, подвергающиеся нагрузкам, работающие при больших скоростях скольжения и способные работать на морской воде при низкой температуре. Поэтому одним из перспективных направлений для разработки гидромашин, работающих на морской воде, является поиск современных материалов и технологий.

Подводя итоги, необходимо отметить основные направления развития гидросистем и гидрооборудования:

- интенсивное объединение гидроприводов с электронными системами контроля и управления, а именно использование в гидросистемах датчиков обратной связи, сигнализаторов, датчиков контроля параметров (давления, температуры, уровня рабочей жидкости и т. п.);
- создание программ для анализа состояния гидросистем и предотвращения аварийных ситуаций;
- использование современных материалов и технологий;
- использование новых рабочих жидкостей.

В заключение можно сказать, что накопленный опыт работы в области объемного гидропривода позволяет ЦНИИ СМ решать в судостроении широкий круг задач по созданию объемных гидромашин, гидроаппаратуры и сложных автономных и групповых гидросистем механизмов различного назначения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Нейман В.Н.* Объемные поршневые гидромашин для судовых и корабельных гидросистем // Судостроительная промышленность. – Сер. Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создание судовых механизмов. – 1995. – Вып. 1.
2. *Молодцев Ю.А.* Гидроприводы в судовом машиностроении // Судостроительная промышленность. – Сер. Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создание судовых механизмов. – 1995. – Вып. 1. ■

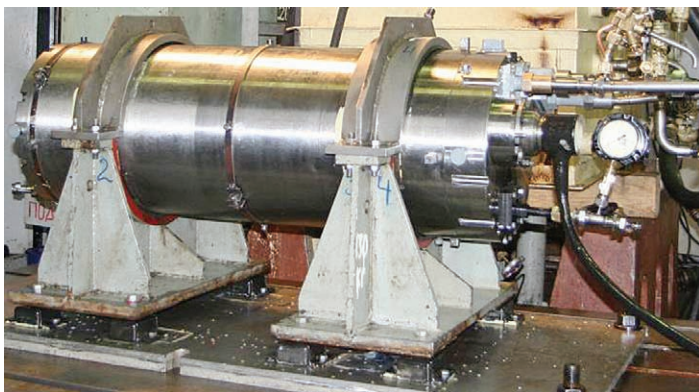
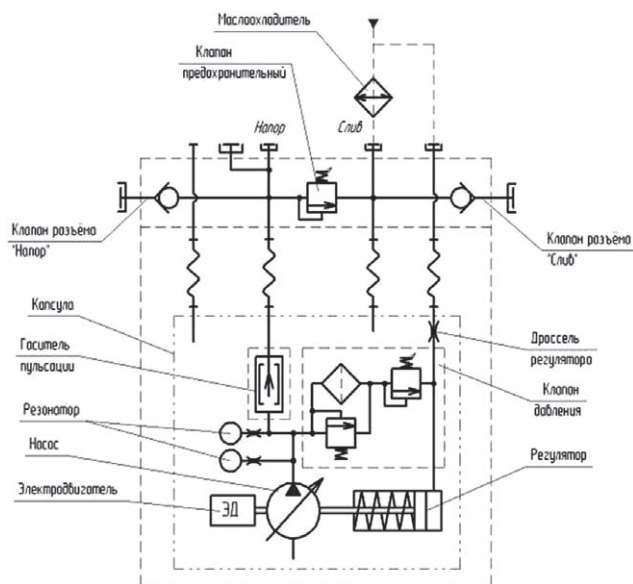


Рис. 11. Насосные агрегаты типа НАК

С начала XXI в. в России эксплуатируются морские и речные суда с пропульсивным комплексом (ПК), которые относятся к средствам активного управления судном (САУС) [1] и имеют символ класса КМ МНС Н, Sc «скоростные». Они предназначены для выполнения широкого круга задач по охране рыбных ресурсов, поисково-спасательных, таможенных операций и обладают скоростью свыше 50 уз [2]. Особенностью ПК таких судов водоизмещением до 30 т является двухвальная энергетическая установка, состоящая из двух высокооборотных ГД MTU 10V2000V93 мощностью до 1120 кВт с реверс-редукторами, торсионных валов (все – производства Германии) и приводов Арнесона (США) с частично-погруженными винтами (ЧПВ) фиксированного шага (Швейцария) (рис. 1). В качестве основных режимов движения предусмотрены водоизмещающий и глиссирующий.

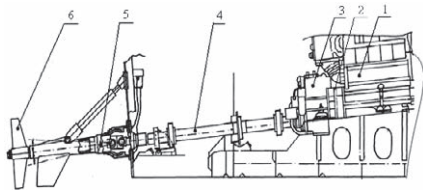


Рис. 1. Пропульсивный комплекс быстроходных судов с частично погруженными винтами  
1 – главный двигатель; 2 – эластичная муфта; 3 – редуктор; 4 – промежуточный вал; 5 – САУС типа привод Арнесона; 6 – гребной винт

На судне приводы Арнесона установлены под углом  $6^\circ$  к основной плоскости (рис. 2). В целях оптимального заглубления ЧПВ может быть изменен на угол от  $+7^\circ$  до  $-7^\circ$  от установочного положения.



Рис. 2. Привод Арнесона

Для изменения направления движения судна соединенные поперечной гребные валы могут поворачиваться на угол  $20^\circ$  от диаметральной плоскости на каждый борт [4]. В документах классификационных обществ, например РС, требования, которые должны предъявляться к такому типу САУС, не нашли должного отражения с точки зрения особенностей технической эксплуатации таких ПК.

Анализ условий эксплуатации судов

## ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИВОДА АРНЕСОНА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.С. Жильцов, аспирант ГМУ им. Ф.Ф. Ушакова, контакт. тел. +7 (928) 438 1879

с ЧПВ показал, что большое число отказов связано с конструктивными особенностями элементов ПК, вероятными причинами которых могут быть организационно-методические мероприятия, связанные с назначением режимов эксплуатации, высокие уровни вибрации и т. д. [4, 5]. Поскольку заводских рекомендаций по выходу судна с ЧПВ на глиссирующий режим нет, экипажи эксплуатируют такие суда, используя свой опыт.

Ссылаясь на диаграмму стендовых испытаний ГД (рис. 3), переход судна в режим глиссирования должен происходить при частоте вращения  $n_{ГД}$  свыше 2000 мин<sup>-1</sup> и после подключения в работу ТК №2 (см. рис. 3, зона II). При этом нагрузка на ГД может достигать максимальных значений. На основании разработанных рекомендаций на скоростном судне с ЧПВ (после ремонта) были проведены сравнительные испытания, когда экипаж выводил его на глиссирующий режим привычным для себя способом (режим №1) и по спо-

собу, рекомендованному мною (режим №2) (рис. 4).

**Режим №1.** При выходе на глиссирующий режим при  $n_{ГД}=1700$  мин<sup>-1</sup> наклон гребных валов привода Арнесона приводит к резкому повышению нагрузки (участок 1600–1700 мин<sup>-1</sup>), а после выхода на режим глиссирования приводит к ее резкому снижению (участок 1700–1800 мин<sup>-1</sup>).

Кроме того, выход на глиссирующий режим при  $n_{ГД}=1700$  мин<sup>-1</sup> происходит в момент подключения ТК №2 (зона Г). Нагрузка ГД достигает 100% при  $n_{ГД}=2000$  мин<sup>-1</sup> и не снижается до  $n_{ГД}=2450$  мин<sup>-1</sup>.

**Режим №2.** Начиная с  $n_{ГД}=600$ –1700 мин<sup>-1</sup> набор оборотов ГД производился с поднятыми гребными валами на угол  $+6^\circ$ . При достижении  $n_{ГД}=1700$  мин<sup>-1</sup> гребные валы были установлены в нейтральное положение до достижения  $n_{ГД}=2100$  мин<sup>-1</sup> (обеспечение гидродинамического «облегчения» ЧПВ), пройдя зону подключения ТК №2. Нагрузка на ГД при этом не превысила 65%.

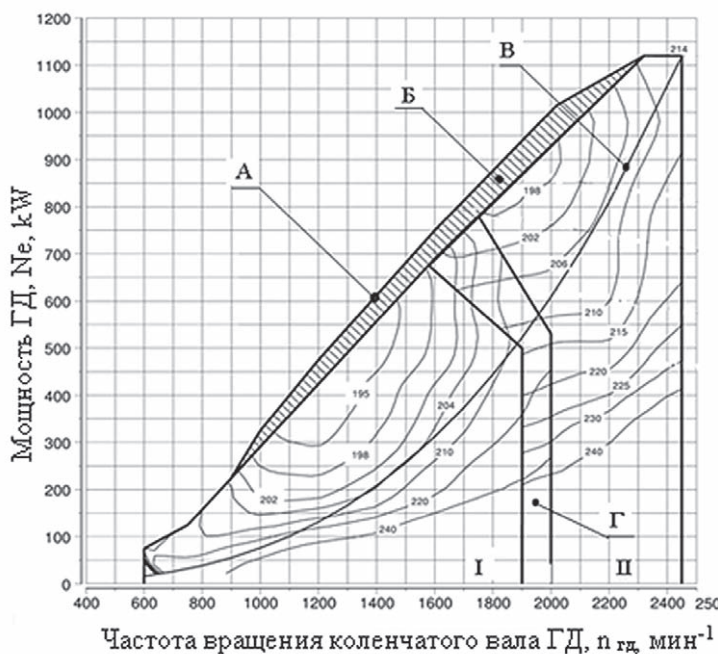


Рис. 3. Диаграмма зависимости мощности главного двигателя MTU 10V2000V93 от частоты вращения  
А – ограничительная характеристика; Б – поле допустимых нагрузок; В – винтовая характеристика; Г – зона подключения ТК №2; I – зона работы ГД с одним ТК; II – зона работы ГД с двумя ТК



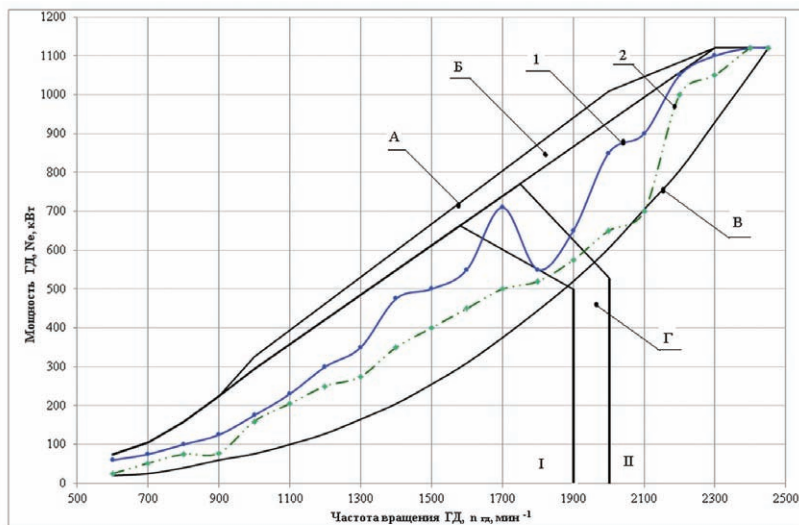


Рис. 4. Зависимость нагрузки главного двигателя левого борта от частоты вращения (судно после ремонта)

A – ограничительная характеристика; Б – поле допустимых нагрузок; В – винтовая характеристика; Г – зона подключения ТК №2; I – зона работы ГД с двумя ТК; II – зона работы ГД с одним ТК.

1 – режим, используемый экипажем; 2 – рекомендуемый режим

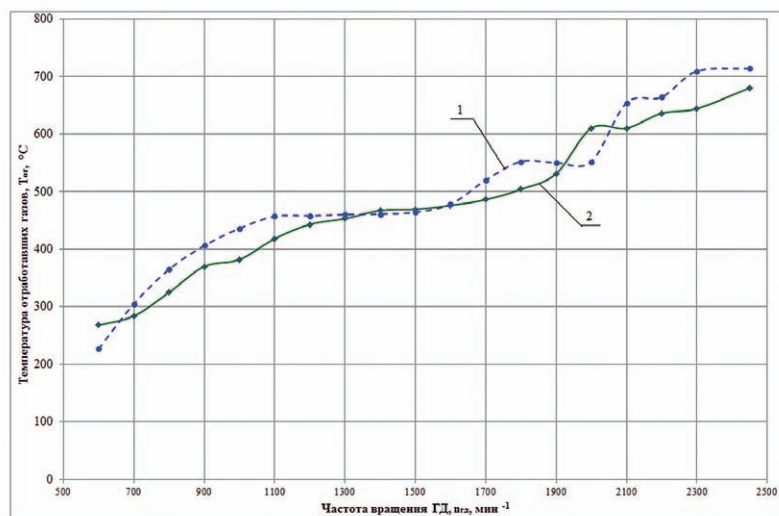


Рис. 5. Зависимость температуры отработавших газов главного двигателя левого борта от частоты вращения (правый блок ГД)

1 – режим №1 (используемый экипажем); 2 – режим №2 (рекомендуемый)

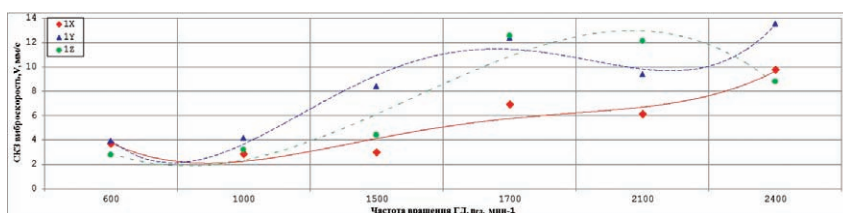


Рис. 6. Изменение средних квадратичных значений уровней вибрации пропульсивного комплекса с частично-погруженными винтами на режиме 1

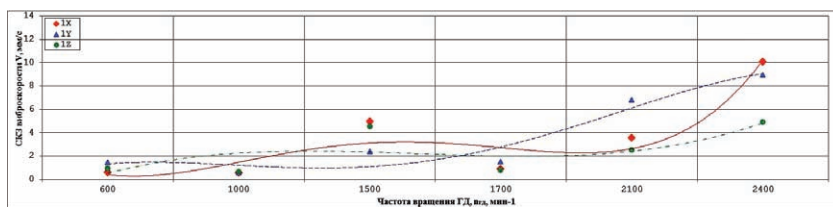


Рис. 7. Изменение средних квадратичных значений уровней вибрации пропульсивного комплекса с частично-погруженными винтами на режиме 2 (рекомендуемый)

Для выхода на режим глиссирования при  $n_{ГД}=2100 \text{ мин}^{-1}$  экипажем был произведен наклон гребных валов привода в нижнее положение (угол  $-3^\circ$ ), нагрузка на ГД при этом увеличилась до 80%. После выхода на глиссирующий режим гребные валы были установлены в положение, при котором гребные винты заглублены на полдиаметра. Нагрузка на ГД при дальнейшем увеличении  $n_{ГД}$  росла плавно и 100% достигла только при  $2450 \text{ мин}^{-1}$ .

Значение  $T_{ор}$  ГД при работе на режиме №1 (рис.5) повышается плавно и при  $n_{ГД}=1800 \text{ мин}^{-1}$  возрастает до  $550^\circ\text{C}$ . Далее с увеличением  $n_{ГД}$  до  $2100 \text{ мин}^{-1}$ ,  $T_{ор}$  повышается до  $650^\circ\text{C}$ .

При  $n_{ГД}=2200 \text{ мин}^{-1}$   $T_{ор}$  не изменяется, а при  $n_{ГД} \leq 2450 \text{ мин}^{-1}$  ее значения соответствовали  $704^\circ\text{C}$ . При работе ПК с ЧПВ на режиме №2 (рис.5), при  $n_{ГД}=1000-1100 \text{ мин}^{-1}$  значения  $T_{ор}$  ниже, чем на режиме №1, но при  $n_{ГД}=2000 \text{ мин}^{-1}$  она начинает возрастать до  $610^\circ\text{C}$ . Далее, до  $n_{ГД}=2450 \text{ мин}^{-1}$ , значения  $T_{ор}$  возрастают до  $680^\circ\text{C}$ .

Анализ результатов измерений по среднеквадратичным значениям (СКЗ) виброскорости показал, что при аппроксимации их полиномом третьей степени уровни вибрации согласуются с нагрузкой ГД (рис. 6, 7).

Анализ теплотехнических и вибрационных характеристик позволит оценить не только техническое состояние элементов ПК с ЧПВ, но и корректировать их в случае необходимости при эксплуатации судна.

Сравнительные испытания по выходу скоростного судна с ГД MTU10V2000V93 на режим глиссирования показали, что рекомендованный способ наиболее эффективен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. –Т.1. Российский морской регистр судоходства, – СПб., 2015, с. 20–21.
2. <http://army.lv/ru/proekt-12150/3192/761>.
3. Николаев Н.И., Гриценко М.В., Жильцов А.С. Анализ условий эксплуатации пропульсивных комплексов с частично погруженными винтами // Морской вестник. –2013.–№ 2 (46). –С. 28–30.
4. Николаев Н.И., Гриценко М.В., Жильцов А.С. Результаты контроля вибрации пропульсивных комплексов скоростных морских судов с частично погруженными винтами. – Мат-лы сессии Росс. акустического общества, 2013, с. 132–135.
5. Патрахальцев Н.Н., Пилар Габриэла Боррето Гарсия. Анализ возможности повышения эксплуатационной топливной экономичности судового дизеля // Двигателестроение – 2015.–№ 3 (261). – С. 31–33. ■

**В** настоящее время в связи с введением запрета на закупку импортного оборудования наблюдается экономический рост промышленности Российской Федерации. Создается новое оборудование, в частности, в области судостроения, не уступающее по техническим характеристикам своим зарубежным аналогам. Многие предприятия на инициативных началах приступили к проектированию и изготовлению механизмов и устройств, не производящихся в РФ, однако требующихся промышленностью. Машиностроительное предприятие «Винета» не является исключением. Здесь разрабатываются и телескопические ворота для вертолетного ангара, и установки для очистки сточных и нефтесодержащих вод [1], а также теплообменно-очистительные аппараты – устройства очистки воздуха и установки очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя. В статье речь пойдет о последней.

Исследования в области теплообмена и очистки воздуха проводятся на предприятии с 2012 г. Результаты первых работ были опубликованы в журнале «Морской Вестник» [2, 3], а также представлены на четвертой Всероссийской межотраслевой научно-технической конференции, посвященной 125-летию профессора, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники В.А. Ваншейдта, проводимой в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете [4].

Мировыми лидерами в производстве теплообменных и очистительных аппаратов сегодня являются две иностранные компании: «Premaberg LTD» (Англия) и «Alfa Laval» (Швеция). В 2015 г. предприятием «Винета» был получен патент на изобретение №2570056 устройства очистки воздуха, которое заменяет изделия производства компании «Premaberg LTD».

Установка очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя призвана объединить в себе свойства теплообменника и запатентованного очистительного аппарата. Целью ее проектирования является уменьшение массогабаритных характеристик установки за счет исключения из конструкции форсунок для подвода орошаемой жидкости (как в известных аппаратах мокрой очистки газов [5]) и вследствие этого изменение принципа взаимодействия рабочих сред; повышение надежности энергетической установки, а также снижение энергозатрат при эксплуатации установки.

Концепция построения разрабатываемой установки была рассмотрена с учетом следующих основных требований:

#### Основные исходные данные для конструктивного расчета

Параметр	Обозначение
Расход отработавших газов (ОГ), $G_1$ , кг/с.....	0,5
Температура ОГ на входе в установку, °С.....	400
Температура ОГ на выходе из установки, °С.....	40
Температура охлаждающей среды (ОС) на входе в установку, °С.....	5
Ориентировочный состав газа, %:	
$O_2$ .....	25
$H_2O$ .....	6
$CO_2$ .....	69
Требуемая очистка газов..... Сажа, нагар, твердые продукты горения и влага	

При построении канала разрабатываемой установки совместно со специалистами ФГУП «ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского» был проведен анализ различных конструктивных схем инерционного сепаратора с использованием программного комплекса Fluent методом конечных объемов. Рассматривались стандартная k-ε модель турбулентности и плоское течение газов в канале сепаратора. Расход газов на входе в канал сепаратора считался постоянным. Целью анализа было выявление основных закономерностей течения газов

## ОЧИСТКА И ОХЛАЖДЕНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

**П.В. Наливкин**, начальник инженерного центра,  
**А. Н. Гаврилова**, инженер-конструктор, ООО «Винета»,  
контакт. тел. +7(911)736 1001, (812) 493 5048

в канале и оценка эффективности сепарации капель воды для определения наиболее оптимальной схемы и конструктивной реализации канала.

На рис. 1 представлена геометрия очистительной лопатки канала, из которого видно, что влагоуловители 3 установлены как на гребнях, так и во впадинах зигзагообразных поверхностей контура лопатки 1. Это решение позволило практически в два раза увеличить площадь проходного сечения каналов всех влагоуловителей, увеличив при этом их пропускную способность для отвода выделенной из газов влаги с примесями в дренаж. Кроме того, зигзагообразная очистительная лопатка имеет скругленные входную и выходную кромки, что сглаживает поток, повышает жесткость лопаток и улучшает условия на входе в аппарат.

Для жесткости конструкции в процессе изготовления контур лопатки был укреплен заклепками 2.

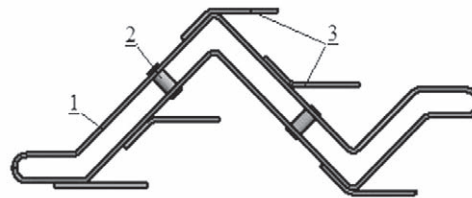


Рис. 1. Очистительная лопатка

На рис. 2 показан канал разработанной установки, сформированный следующим образом: первый ряд состоит из пакета зигзагообразных лопаток без влагоуловителей, задающих направление всему потоку для последующей очистки газов во втором и третьем рядах, где установлены лопатки с влагоуловителями. Последующие ряды канала также выполнены без влагоуловителей и предназначены в основном для охлаждения газов. Охлаждающая жидкость протекает перпендикулярно потоку газов внутри лопаток (схема перекрестного тока теплоносителя с противотоком). В рассматриваемой установке применен метод неконтактного охлаждения отработавших газов. Движение потока газов – справа налево.



Рис. 2. Геометрия разработанного канала

1 – лопатка без влагоуловителей; 2 – лопатка с влагоуловителями

В качестве охлаждающей жидкости в установке применен водный раствор пропиленгликоля как наиболее безопасный бытовой низкотемпературный теплоноситель с относительно недорогой стоимостью.

В составе проекта был проведен расчет теплообменной поверхности агрегата с учетом исходных данных (см. выше), геометрии канала сепаратора, схемы движения теплоносителя и физико-химических свойств охлаждающей жидкости. Результаты расчета приведены ниже



### Результаты конструктивного расчета

Параметр	Значение
Тепловая мощность установки, кВт.....	200
Температура отработавших газов на входе в установку, °С.....	400
Температура охлаждающей среды на входе в установку, °С.....	5
Температура отработавших газов на выходе из установки, °С.....	40
Температура охлаждающей среды на выходе из установки, °С.....	21
Температурный напор, °С.....	134
Гидравлическое сопротивление по отработавшим газам, Па, не более.....	500
Качество очистки газов, %, не ниже.....	99

Геометрия разработанного канала (рис. 2) установки была проанализирована в программе Autodesk Simulation CFD. Исходные данные для математического моделирования следующие: скорость отработавших газов на входе в установку – 1,4 м/с, давление отработавших газов на входе в установку – 0,11 (1,1) МПа (атм.)

На рис. 3 отображено, что поток отработавших газов разгоняется в зигзагообразном канале и разворачивается при каждом повороте канала более чем на 90°. В такой организации течения непосредственное участие принимают влагоулавливающие элементы, передние кромки которых заставляют поток дополнительно разворачиваться и ускоряться. Максимальная скорость в канале сепаратора достигает 11,9 м/с при скорости на входе равной 1,4 м/с. Так как расход газов в канале сохраняется, увеличение скорости на входе в сепаратор соответственно во столько же раз увеличит максимальную скорость внутри канала.

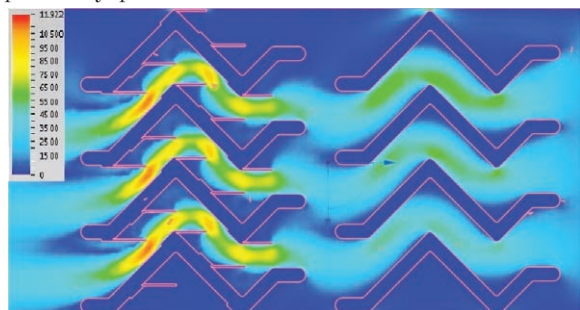


Рис. 3. Поле скоростей (мм/с) в канале сепаратора установки

На рис. 4 показаны направления скоростей потока газов в увеличенном масштабе.

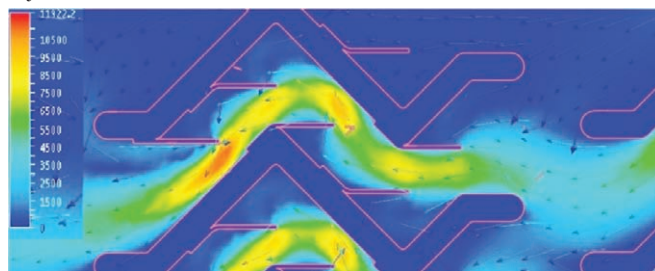


Рис. 4. Направления скоростей, мм/с

Из рис. 5 следует, что для того, чтобы поток мог протекать через канал со скоростью 1,4 м/с, на его входе требуется создать дополнительное избыточное давление. Это давление необходимо для того, чтобы компенсировать гидравлическое сопротивление канала, равное 250 Па. Кроме того, распределение давления в канале позволяет оценить максимальные силовые нагрузки на стенке канала. В среднем для описанного на рисунке канала сепаратора, они составляют до 200 Па.

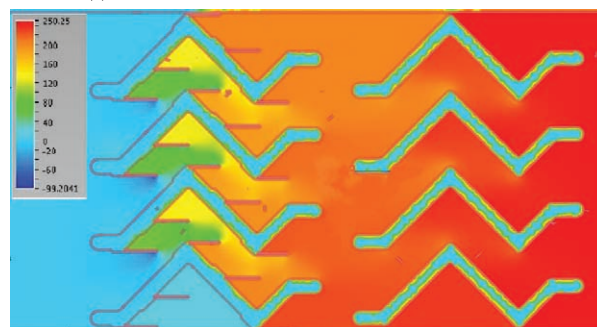


Рис. 5. Поле избыточного давления (Па) в канале сепаратора установки

На базе комплекса научно-исследовательских и проектных работ предприятием «Винета» была спроектирована и изготовлена опытно-штатная установка очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя (рис. 6).

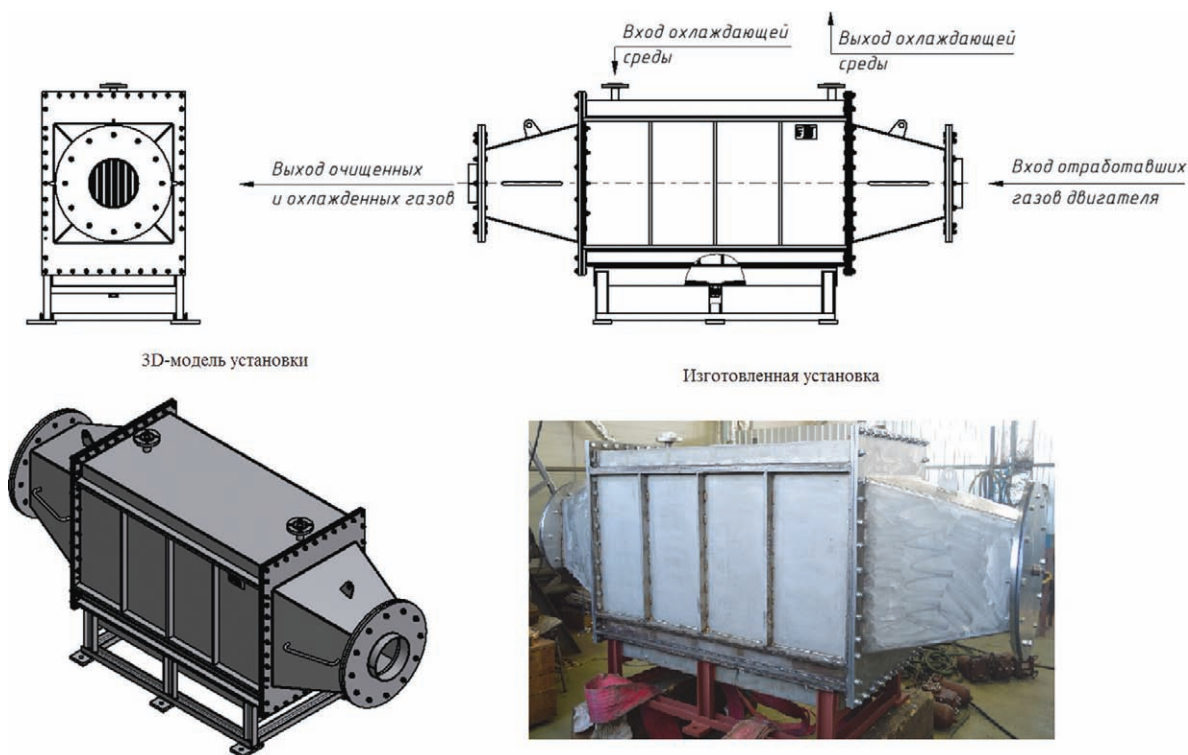


Рис. 6. Общий вид установки очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя

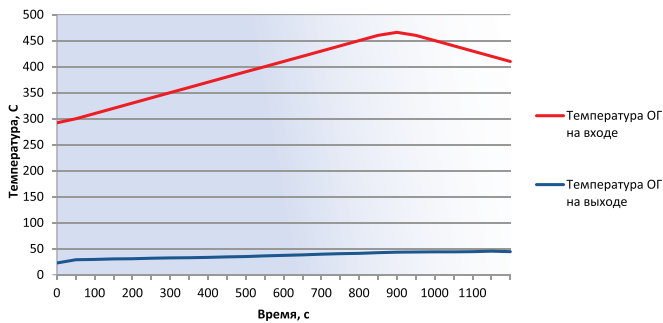


Рис. 7. График изменения температуры отработавших газов во времени (отладочный цикл)

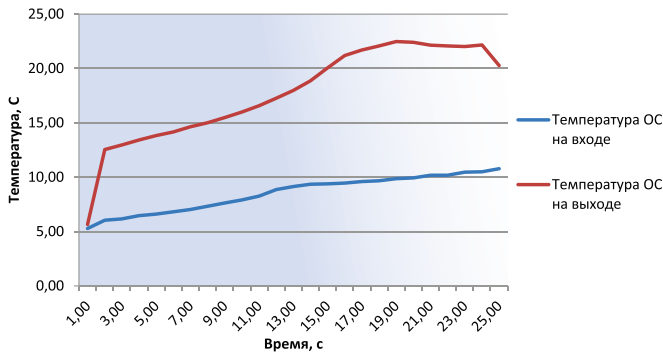


Рис. 8. График изменения температуры охлаждающей среды во времени (отладочный цикл)

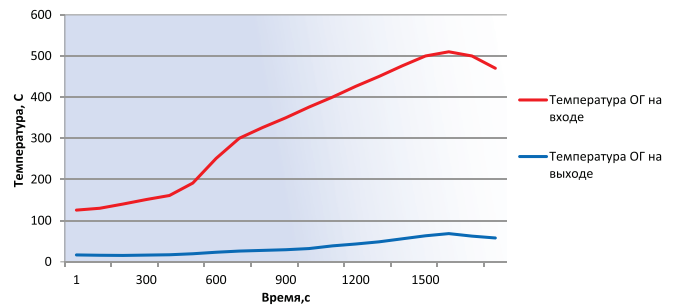


Рис. 9. График изменения температуры ОГ во времени (замкнутый цикл)

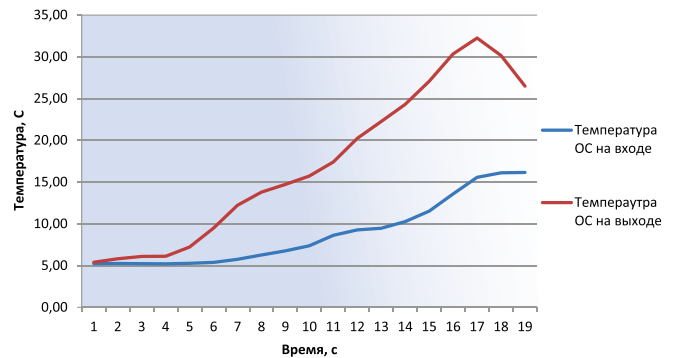


Рис. 10. График изменения температуры ОС во времени (замкнутый цикл)

На данный момент уже закончены ее стендовые испытания. Было проведено две проверки:

- характеристик установки очистки и охлаждения отработавших газов (отладочный цикл) (рис. 7 и рис. 8);
- работы установки на холостом ходу при переходе от отладочного цикла к замкнутому (рис. 9 и рис. 10).

Установка показала себя работоспособной, ее параметры были близки к расчетным. Качество очистки от твердых продуктов горения топлива и влаги составляет не менее 99%. По результатам испытаний было принято решение о доработке конструкции установки – установке смотрового лючка для визуального наблюдения за ее работой и контролем загрязнения.

Рассмотренная в настоящей статье установка может быть применена в механизмах, устройствах и аппаратах, работающих на двигателе внутреннего сгорания замкнутого цикла. Это могут быть суда различного типа, железнодорожный транспорт, сельскохозяйственная техника и пр. Также возможна эксплуатация установки на кораблях ВМФ, в частности неатомных подводных лодках (НАПЛ), поскольку двигатель работает на рекуперированной газовой смеси, что увеличивает автономность лодки и ее скрытность, так как отпадает необходимость всплытия для подзарядки аккумуляторных батарей.

Применение разработанной установки очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя позволит снизить загрязняющий фактор использования нефтепроизводных топлив, содержащих остаточную серу и другие примеси, негативно влияющие на окружающую среду.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданный опытный образец установки обладает следующими преимуществами перед ранее поставляемыми агрегатами по очистке и охлаждению газов:

- сокращение образования оксидов азота за счет снижения температуры газов во впускном коллекторе двигателя;
- совмещение очистки и охлаждения отработавших газов в одном устройстве и, вследствие этого, уменьшение массогабаритных характеристик;
- повышение надежности всей энергетической установки за счет реализации новых конструкторских и технологических решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Наливкин П.В., Ливкова М.М. Импортозамещение: проблемы и пути их решения на примере ООО «Винета»//Морской вестник. – 2015. – Вып. №4 (56). – С. 68–73.
2. Наливкин П.В., Гаврилова А.Н. Очистка отработавших газов теплового двигателя НАПЛ//Морской вестник. – 2014. – Вып. №1 (49). – С. 63–64.
3. Гаврилова А.Н., Скороходов Д.А. Расчетные исследования системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя// Морской вестник. – 2015. – Вып. №3 (55). – С. 47–48.
4. Гаврилова А.Н. Метод очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя/Актуальные проблемы морской энергетики. – Мат-лы четвертой Всеросс. Межотрасл. Науч.-техн. Конфер. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2015. – 205 с.
5. Биргер М.И., Вальдберг А.Ю. и др. Справочник по пыле- и золоулавливанию. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 312. ■



**В** настоящее время в России из-за недостаточного опыта проектирования и эксплуатации анаэробных энергетических установок (АНЭУ) для неатомных подводных лодок (НАПЛ) нет однозначного ответа на вопрос, какая конструкция АНЭУ наиболее эффективна. Конструктивно современные АНЭУ реализуют тремя способами: с электрохимическим генератором, с двигателем Стирлинга и с паротурбинной установкой [5]. При всем различии принципов действия и конструкции все предложенные типы АНЭУ объединяет необходимость размещения на борту НАПЛ запаса потенциально пожароопасных сред (кислород, водород или пероксид водорода).

В АНЭУ всех типов используется криогенное хранение кислорода в специализированных емкостях [10]. Воздействие на стенки резервуаров (емкостей) хранения криогенных жидкостей (Р (Е)ХКЖ) агрессивных сред, криогенных температур, циклических нагрузок во время естественного расхода и пополнения запасов топлива ведет к усталостному разрушению материала: в сосудах появляются микро- и макродефекты, что потенциально может вызвать нарушение герметичности и попадание горючих веществ в атмосферу отсека. Статистика аварий на предприятиях, связанных с криогенным хранением сжиженных газов, показывает, что значительная их доля связана с разгерметизацией резервуаров (емкостных аппаратов), вызванной износом оборудования, некачественным монтажом, нарушением правил технологического регламента [1, 7].

Приведенные выше обстоятельства указывают на актуальность внедрения системы непрерывного и оперативного контроля фактического состояния Р (Е)ХКЖ на НАПЛ, а необходимость определения метода технического диагностирования, разработки методики диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ в виде количественных показателей является актуальной.

В качестве метода технического диагностирования выбран метод акустической эмиссии (АЭ), который позволяет наиболее полно и точно оценить состояние материала конструкции и способен, как показывает современная практика, обнаруживать дефекты на ранней стадии развития [6]. Для качественного внедрения метода АЭ в практику необходимо располагать достаточным количеством статистических данных, полученных в результате эксплуатации Р (Е)ХКЖ на НАПЛ. Поскольку НАПЛ РФ находятся на этапе проектирования, альтернативой могут послужить статистические данные, полученные экспериментально.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА НЕАТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДКАХ С АНАЭРОБНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

*А.Н. Казаринов, соискатель, преподаватель  
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. +7 (921) 590 1244*

Для разработки методики определения остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ проводился эксперимент, целями которого были:

1) изучение частотного смещения излучаемых сигналов АЭ в процессе нагружения образца из испытываемого материала, определение частоты и амплитуды излучения критической трещины, установление связей этих величин с помощью математической модели;

2) определение на основании полученных данных области технического состояния Р (Е)ХКЖ на НАПЛ, прогнозирование жизненного цикла конструкции при дальнейшей ее эксплуатации;

3) использование результатов и методики эксперимента в качестве основы разрабатываемой методики «Определение остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ».

Такая методика определения остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ состоит из двух этапов. *Первый этап* – определение акустических свойств материала Р (Е)ХКЖ на НАПЛ. При этом из исследуемого материала заготавливают образцы, проводят экспериментальные исследования, по результатам которых разрабатывают математическую модель с коэффициентами уравнения, а на графическом отображении результатов эксперимента определяют эксплуатационные области объекта контроля. На *втором этапе* определяют техническое состояние объекта по результатам АЭ контроля.

На *первом этапе* для получения статистических результатов использовались плоские образцы размером 150×24×4 мм. Образцы такой формы и размеров при испытаниях в меньшей степени подвержены воздействию масштабного фактора и полученные результаты можно распространить на конструкцию Р (Е)ХКЖ. На основании данных, представленных в [2, 3], в качестве материала образца для испытаний выбран сплав АМц.

Методика проведения эксперимента включала предварительное охлаж-

дение образцов для испытаний в сосуде Дьюара до температуры жидкого азота (–196 °С), далее – монтаж в зажимы разрывной машины, нагружение и разрыв с фиксацией параметров сигналов АЭ с помощью измерительного комплекса АЭ и ЭВМ.

Состав экспериментальной установки, размеры образца и методика проведения эксперимента определялась в соответствии с ГОСТ 25.506–85 «Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении». Статистическое обоснование испытуемой выборки образцов проводилось на основании материалов, представленных в [8].

В результате экспериментальных исследований получен статистический массив данных, содержащий параметры сигналов АЭ: среднее квадратическое отклонение (СКО) амплитуды сигнала, число пересечений сигналом нулевого уровня (ЧПНУ) и мощность  $W_{АЭ}$ .

Обработка полученных данных проводилась с помощью программы MatLab, что позволило построить графическую зависимость в пространстве (рис. 1), которая описывается математической моделью

$$\begin{aligned} y &= a_1 \times e^{b_1 \times x} + c_1 \times e^{d_1 \times x}, \\ y &= a_2 \times e^{b_2 \times x} + c_2 \times e^{d_2 \times x}. \end{aligned} \quad (1)$$

Результаты эксперимента позволяют проследить кинетику зарождения и образования трещин в исследуемых образцах при заданной температуре. Линия изгиба (см. рис. 1, б) условно делит график трехмерной совокупности экспериментальных значений на две части. В правой области исследования регистрируются сигналы примерно одинаковых амплитуд (около 180 кГц), что свидетельствует о постоянном развитии или зарождении трещин примерно одинакового размера. Район условного деления областей, а также левой области исследования, наряду с перечисленными сигналами, характеризуют значения

больших (выше 180 кГц) систематических амплитуд, что соответствует второй стадии трещинообразования, при которой множество микротрещин объединяются в одну. Вторая стадия развития трещин (левая область исследования) характеризуется сигналами АЭ большой мощности и скоростью распространения трещины относительно правой области.

На основании проведенного анализа можно предположить, что область значений параметров сигналов АЭ, соответствующая изгибу кривой на рис. 1, б (место условного деления областей), характеризует переходный процесс от первой ко второй стадии трещинообразования.

Анализ расхождения графиков каждой строки эксперимента позволили установить область пластической зоны хрупкого разрушения, которая является результатом однообразного поведения образцов из материала АМц перед за критической стадией развития трещины и действия интенсивных сил сцепления в малой зоне у вершины трещины присутствующих данному материалу.

Таким образом, в соответствии с предложенными в [4, 9] состояниями Р (Е)ХКЖ на НАПЛ модель накопления повреждений (графическое отображение эксплуатационного цикла объекта), представленную на рис. 1, б, можно условно разбить на области, как схематически показано на рис. 2.

В представленной структурной модели в качестве критериев определения границ областей технического состояния объекта выступают значения параметров сигналов АЭ, установленные по результатам анализа экспериментальных данных:

- ЧПНУ = 245, СКО = 27 мкВ,  $W_{\text{аэ}} = 17,5 \times 10^{-16}$  Вт – допустимые значения параметров АЭ;
- ЧПНУ = 149, СКО = 17,3 мкВ,  $W_{\text{аэ}} = 11,6 \times 10^{-16}$  Вт – предельные значения параметров АЭ.

Разработанная модель накопления повреждений позволяет связать наблюдаемые значения параметра со стадиями образования развития трещин в исследуемом материале, что в дальнейшем создает основу для определения вида технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса нагруженной конструкции.

Основываясь на вышесказанном и данных, полученных в результате эксперимента, модель накопления повреждений (см. рис. 1, б) можно преобразовать в координатные представления с параметризацией по относительной наработке. В данном случае ось параметра относительной наработки объекта совпадает с осью значений ЧПНУ, как представлено на рис. 3.

На втором этапе, в период эксплуатации объекта, в соответствии с назначенными сроками проводит-

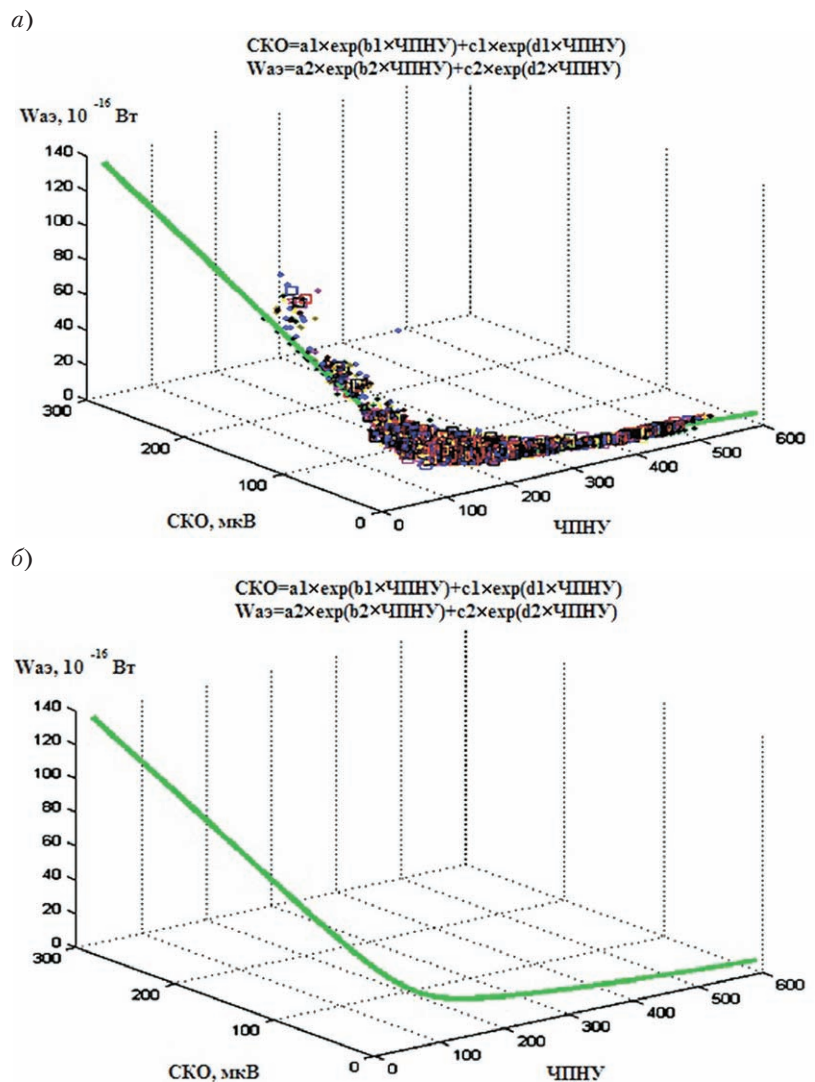


Рис. 1. Диаграмма рассеяния трехмерной совокупности: а – с экспериментальными значениями сигналов АЭ; б – без экспериментальных значений сигналов АЭ

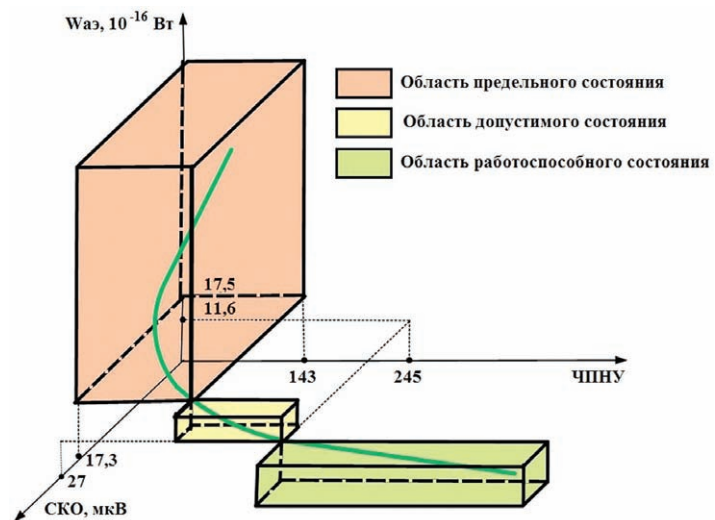


Рис. 2. Структурная модель накопления повреждений в резервуаре хранения криогенных жидкостей, построенных на основе экспериментальных данных

ся освидетельствование Р (Е)ХКЖ на НАПЛ методом АЭ. По результатам освидетельствования определяется область развития источников АЭ сигналов. Если источник АЭ сигнала находится в области работоспособного со-

стояния, что соответствует менее 70% всей модели накопления повреждений (см. рис. 3), остаточный ресурс вычисляется по формуле

$$T_{\text{ост}} = bt_{\text{назн}} \quad (2)$$

где  $T_{\text{ост}}$  – остаточный ресурс объекта;



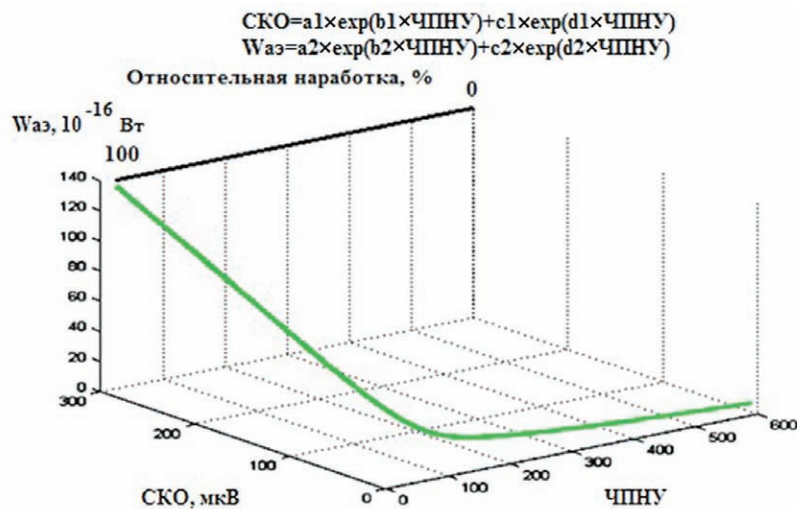


Рис. 3. Модель накопления повреждений в материале АМЦ с параметризацией по относительной наработке

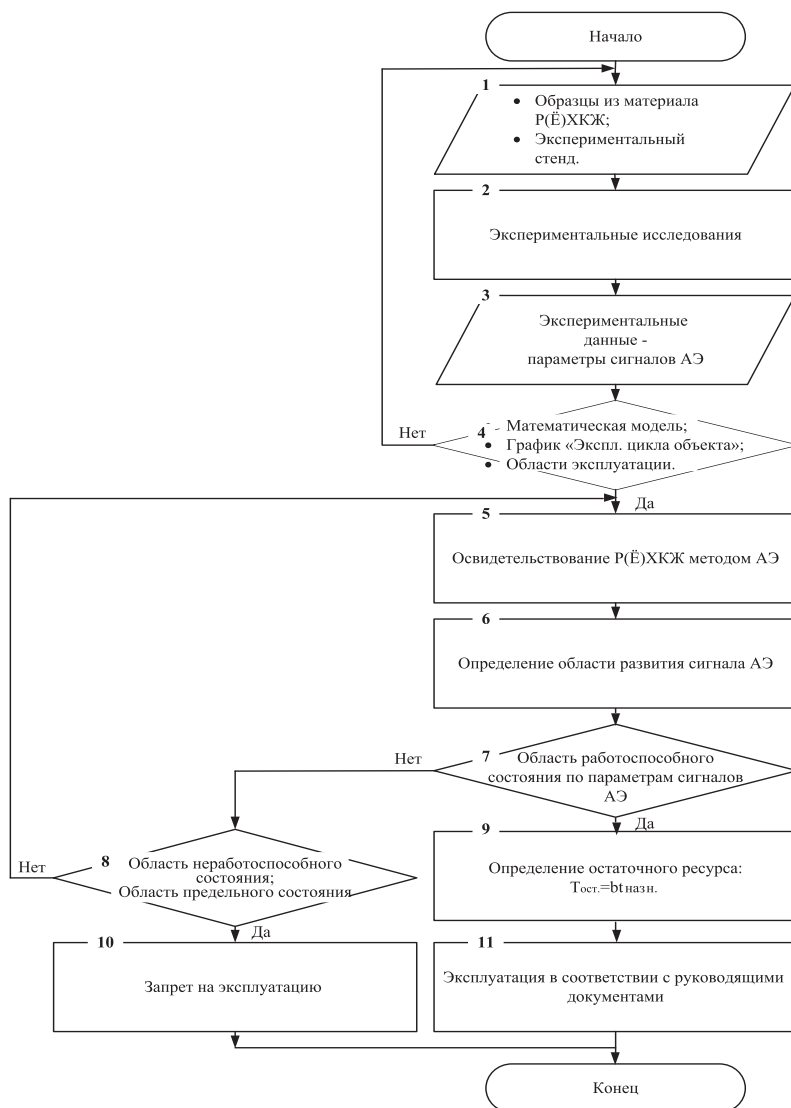


Рис. 4. Алгоритм определения остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ

$b = (100 - \tau)$  – коэффициент, учитывающий область нахождения на кривой жизни параметров сигналов АЭ;  $\tau$  – значение относительной наработки, соответствующее расположению на кривой жизни сигналов АЭ;  $t_{нази}$  – назна-

ченный ресурс Р (Е)ХКЖ на НАПЛ.

В случае, когда параметры сигналов АЭ лежат не на прямолинейном участке, что соответствует более 70% всей модели накопления повреждений, а попадают в области допустимого

и предельного состояний, эксплуатацию Р (Е)ХКЖ на НАПЛ необходимо прекратить вследствие возможного развития аварийной ситуации.

Алгоритм определения остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ представлен на рис. 4.

## ВЫВОДЫ

Экспериментальные исследования в соответствии с «Методикой определения остаточного ресурса Р (Е)ХКЖ на НАПЛ», позволяют получить необходимые данные для конкретного объекта эксплуатации. В процессе всего периода эксплуатации можно не только оценивать остаточный ресурс, но и визуально отслеживать изменение технического состояния Р (Е)ХКЖ в виде оформленных результатов диагностирования на модели накопления повреждений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А. А. Экология переработки углеводородных систем. – М.: Химия. – 2002. – 608 с.
2. Архаров А. М., Беляков В. П., Микулин Е. И., Пронько В. Г., Шургальский Э. Ф. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов и установок. – М.: Машиностроение, 1987. – 501 с.
3. Беляков В. П. Криогенная техника и технология. – М.: Энергоиздат, 1982. – 48 с.
4. ГОСТ 27002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 32 с.
5. Кабанов А. И., Гуров В. Ф., Санников Ю. И. Топливо для анаэробной энергетической установки [Электр. ресурс] // Национальная оборона. – 2015. – № 7 (июль) – <http://www.oborona.ru/includes/periodics/defense/2012/1005/14079438/detail.shtml>.
6. Казаринов А. Н., Шевелев Г. М., Казаринов С. Н., Бабичев В. С. Обоснование выбора метода неразрушающего контроля технического диагностирования сосудов для хранения криогенных жидкостей на неатомных подводных лодках с анаэробной энергетической установкой. – Ч. 2. Современное состояние и проблемы развития военного кораблестроения, радиоэлектроники и корабельной энергетики. – СПб.: Сб. ст. и докл., ВМПИ, 2014. – с. 228–234.
7. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
8. Степанов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. – М.: Машиностроение, 1985. – 46 с.
9. Темнов В. Н. Метрологическое исследование корабельных энергетических установок. Монография. – СПб.: Изд. ВМИИ, 2007. – 323 с.
10. Ченцов М. С., Соколов В. С., Прохоров Н. С. Концепция установки получения водорода реформингом дизельного топлива в составе атмосферонезависимой энергетической установки с электрохимическими генераторами для неатомной подводной лодки // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – № 11 (43), – 39–46 с. ■

**К**онцепция развития водного транспорта в интересах населения является основой для разработки и реализации программ его совершенствования, формирования и проведения политики повышения эффективности и качества использования внутреннего водного транспорта и водных коммуникаций. Реализация концепции нацелена на решение задач кардинального повышения эффективности использования всех транспортных структур отрасли, значительное улучшение всех видов деятельности хозяйствующих субъектов на водном транспорте с использованием последних достижений науки и техники в условиях развития рыночных институтов, возрастающей конкуренции на мировом рынке транспортных услуг. При этом значительно возрастает роль каждого судна как транспортной единицы, вносящей определенный вклад в обеспечение прибыли в процессе транспортных перевозок.

К числу основных задач, решаемых в настоящее время на борту морских и речных судов, судов технического флота и других подвижных объектов, относятся автоматизация технологических процессов, управление судном как морским подвижным объектом, СЭУ и элементами энергетического комплекса. Для их решения требуется соответствующее аппаратное и программное обеспечение, которые на сегодняшний день включают в себя интегрированные мостиковые системы (ИМС). Постоянное совершенствование ИМС с целью кардинального улучшения процессов управления судном обусловлено:

- ужесточением требований к обеспечению навигационной безопасности плавания на морских и внутренних водных путях;
- повышением требований к достоверности информации о параметрах движения объекта в условиях значительного уровня естественных или искусственных помех;
- необходимостью в информационном обеспечении систем автоматического управления движением специальных морских подвижных объектов (МПО) (поисковых, геолого-разведывательных и других судов, морских подвижных платформ различного назначения), в том числе движением по заданной траектории или динамического позиционирования в точке без существенных ограничений по гидрометеорологическим условиям.

Системы управления техническими средствами, входящие в состав современных мостиковых систем, для судов различных классов различны и

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ МОСТИКОВЫЕ СИСТЕМЫ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

*А.М. Тихоненко, канд. техн. наук, гл. инженер,  
П.В. Голубев, канд. техн. наук, инженер 1-й категории,  
АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. (812) 602 0300, 602 0368*

отвечают разным техническим требованиям. Вместе с тем в зависимости от назначения и районов плавания судна они обязательно должны соответствовать Правилам Морского либо Речного Регистра судоходства на определенный знак в символе своего класса, а также отвечать требованиям организаций международного судоходства.

Создание судовых моделей и алгоритмов автоматизации судовых технических средств – процесс эволюционный. Он должен основываться на современной прикладной теории управления и, естественно, на классических положениях точной науки об управлении, наиболее актуальной и наиболее важной из всех наук. Это обусловлено не только существенными изменениями в технической сфере, но и экологическим и экономическим кризисом, выходы из которого базируются на новых структурах и методах управления. Для прикладной теории управления характерно использование новых принципов, позволяющих синтезировать законы управления, учитывающие внутренние кооперативные взаимодействия конкретных физических явлений и процессов, их физическое содержание. Фундаментальная проблема поиска законов управления при максимальном учете свойств объекта соответствующей физической природы порождает крупные самостоятельные задачи в тех предметных областях, к которым принадлежит соответствующий объект управления.

Совершенствование моделей судовых технических средств с целью обеспечения высокой степени их адекватности реальному процессу позволяет вскрыть ранее не использованные резервы и возможности для повышения качества работы в условиях изменяющейся внешней среды. По-прежнему актуальны вопросы создания и совершенствования моделей судов как управляемых подвижных объектов. В последнее время появились работы по созданию уни-

версальных моделей МПО, пригодные для аналитического описания и моделирования водоизмещающих судов, судов с динамическими принципами поддержания, подводных лодок и аппаратов, предназначенных для освоения океана, поиска и освоения углеводородных ресурсов на шельфе и др. На основе универсальных моделей возможны ведение исследовательского проектирования и разработка концептуальных проектов морской техники. К последним относятся новые технологии развития и обеспечения интеграции систем навигации и управления техническими средствами и судами в целом, создание средств гидроакустики и связи для выполнения работ под водой, радиолокационных средств, предназначенных для обеспечения морской деятельности на новой электронной компонентной базе.

Актуальным является процесс создания моделей и алгоритмов автоматизации судовых технических средств, предназначенных для повышения эффективности использования морской техники, создаваемой на основе современных технологий судового машиностроения, судовых энергетических установок и систем. Среди технических средств, подлежащих автоматизации, следует выделить судовые энергетические системы и их элементы, системы и устройства судовых электроэнергетических комплексов, средства управления движением, грузовыми операциями, обеспечения жизнедеятельности, средства механизации и автоматизации производственных процессов, технологий и морской техники для добычи и переработки биоресурсов.

В отмеченной концептуальной постановке создание и совершенствование ИМС и, в частности, судовых автоматизированных систем путем моделирования и алгоритмизации технологических процессов на основе численных методов оптимизации с использованием современной прикладной теории управления является



исключительно важной научно-исследовательской задачей, имеющей большое народно-хозяйственное значение. В результате их выполнения разрабатываются модели и алгоритмы, синтезируются системы автоматизации и управления судовыми динамическими объектами и судном в целом, реализующие эффективные законы управления путем оптимизации технологических процессов.

Актуальна прежде всего задача совершенствования модели судна как нелинейного объекта и на базе обобщенной модели МПО создание алгоритмов и программных средств, предназначенных для совершенствования судовых рулевых комплексов. Эти комплексы в случае необходимости, вызванной ситуацией на линии, должны обеспечивать максимальное быстродействие, а на открытых акваториях и крейсерских скоростях – наиболее экономичные режимы движения с минимальным потреблением топлива и энергии. Очевидно, в первую очередь необходимо использовать энергосберегающие технологии на крупнотоннажных судах с энергетическими установками большой мощности. К таким судам относятся супертанкеры дедвейтом 100 000–250 000т, а также речные суда и составы дедвейтом от 5000 до 20 000т. При скорости хода 15уз уменьшение среднего значения угла рыскания крупного танкера на 0,5° может обеспечить экономию топлива в рейсе до нескольких десятков тонн за счет рациональных режимов переключения рулей, повышения точности поддержания курса, учета течения и адаптации к внешним воздействиям, а также за счет автоматизации процессов маневрирования, что может быть достигнуто путем оптимизации режимов эксплуатации судовых технических средств.

Из современной нелинейной динамики и теории оптимизации известно, что именно в классе нелинейных моделей можно добиться существенного повышения эффективности и качества функционирования сложных технологических процессов и производств. Следовательно, для реализации моделей и алгоритмов оптимизации судовых систем необходимо переходить на новые концептуальные основы алгоритмизации технологических процессов, позволяющие учитывать естественные нелинейные свойства объектов и максимально ис-



Рис. 1. Интегрированная мостиковая система АО «НПФ «Меридиан»

пользовать имеющиеся способы управления.

Исследования в перечисленных выше направлениях позволяют на качественно новом уровне решать задачи синтеза законов оптимального управления с помощью нелинейных регуляторов выхода и состояния, применять модели и алгоритмы для формирования критериев качества, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к замкнутым системам, и обладающих устойчивостью при больших и малых отклонениях координат.

Так, одной из российских компаний, занимающихся проектированием и постройкой как корабельных, так и судовых ИМС, является АО «НПФ «Меридиан», входящее в АО «Концерн «Моринформсистема-Агат». Современный подход, реализованный в АО «НПФ «Меридиан», благодаря которому появляется возможность создания конкурентоспособных ИМС (рис. 1), обусловлен наличием на предприятии высокопроизводительных программных и технических средств. Они работают по отлаженному алгоритму для быстрого проектирования ИМС как для военного, так и для гражданского заказа.

При этом важно регулярное пополнение и обновление технической информации о необходимом для ИМС оборудовании от зарубежных и отечественных поставщиков, а также отслеживание изменений в нормативных документах, регламентирующих комплектацию системы и технических характеристик применяемой аппаратуры.

Таким образом, можно сказать, что концепция современных ИМС подразумевает использование инновационного метода автоматизации управления МПО, системы, решающей огромный пласт задач в области судовождения, способной быстро адаптироваться с учетом условий современного мира.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погосжаев С.В.* Компьютерное моделирование систем управления движением морских подвижных объектов. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 370 с.
2. *Белый О.В., Кокаев О.Г., Попов С.А.* Архитектура и методология транспортных систем: Монография. – СПб.: Элмор, 2002. – 256 с.
3. *Кацман Ф.М., Королева Е.А.* Роль тарифов в конкурентной борьбе портов за транзитные грузы / Сб. науч. тр. РАТ. Актуальные проблемы транспорта. – Т.1. – СПб., 2001. – С. 14–20.
4. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
5. *Пупков К.А., Егунов Н.Д., Лукашенко Ю.Л.* и др. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 664 с.
6. *Веремей Е.И., Еремеев В.В., Корчанов В.М.* Синтез алгоритмов робастного управления движением подводных лодок вблизи взволнованной поверхности моря // Гироскопия и навигация. – 2000. – №2. – С.34–43.
7. *Балушкин Е.М., Коротков С.С., Тихоненко А.М.* Системы управления двойного назначения на примере интегрированных мостиковых систем // Морская радиоэлектроника. – 2015. – №2 (52). ■

**И**нструментом для автоматизированного контроля обстановки в судовых помещениях и судовых технических средствах являются системы мониторинга, которые целесообразно строить на основе блочно-модульного принципа [1–3]. При включении в состав системы большого числа датчиков актуальность приобретает разработка методов автоматического слияния информации от различных источников в модуле или в группе модулей для получения представлений, обеспечивающих эффективную поддержку человеческого или автоматического принятия решений.

В настоящее время методы слияния информации от систем датчиков, распределенных в пространстве и во времени, являются предметом новой синтетической области научных исследований – Data Fusion [4–6].

### ТЕХНОЛОГИИ СЛИЯНИЯ ДАННЫХ

Для успешности интеллектуального анализа данных любого объема и размерности важно принимать любые меры для снижения их размерности, в частности, обособив отбирать наиболее информативные переменные [7, 8]. Таким образом, выдвигается задача редукции размерности многомерного временного ряда, представляющего временную динамику показаний системы датчиков, с целью построения иерархической системы сжатых представлений, играющих роль индикаторов аномальных состояний. Поскольку показания датчиков могут иметь различную размерность, они приводятся к единой безразмерной шкале. Обычно это достигается их нормированием относительно усредненного фонового уровня.

Основные способы целенаправленного снижения размерности данных – это различные варианты метода главных компонент и многомерного шкалирования, а также их нелинейные обобщения [9,10]. В настоящее время большой интерес вызывает группа методов снижения размерности, основанных на сингулярных разложениях матриц данных [11–13]. В ее основе лежит теорема Экакарта–Янга [14], согласно которой сингулярное разложение решает задачу аппроксимации этой матрицы матрицей пониженного ранга. Главное достоинство этого подхода в применении к задачам слияния многоканальных данных состоит в том, что он не использует идеи центрирования относительно среднего, что позволяет отказаться от традиционной модели класса (ситуации) в виде реализации  $n$  гауссовых векторов с общим центром, выступающим в качестве «идеального представителя класса». Его можно рассматривать как аналог, например, факторного анализа при альтернативной конструкции матрицы рассеяния.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СЛИЯНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СУДОВЫХ ОБЪЕКТОВ

*А.В. Макианов, д-р техн. наук, проф.,  
Т.В. Попович, науч. сотрудник, ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,  
контакт. тел. +7 (921) 325 2493*

Вариант данного подхода иногда называют иммунокомпьютингом и рассматривают в рамках нейробиологического направления в теории искусственного интеллекта [12,13].

### ПОДХОД К ВАРЬИРОВАНИЮ РАЗМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ НА ОСНОВЕ СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ МАТРИЦЫ ДАННЫХ (SVD)

Рассмотрим следующую экстремальную задачу: для данной матрицы  $X=[x_{ij}]$  размерности  $\langle n \times r \rangle$  найти матрицу  $\tilde{X}$  той же размерности из условия

$$\sum_{i,j} (x_{ij} - \tilde{x}_{ij})^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничении  $rank(\tilde{X})=p < \min(n, r)$ .

Построим для исходной матрицы  $X \langle n \times r \rangle$ ,  $n > r$  сингулярное разложение (SVD, Singular Value Decomposition)

$$X = L \times S \times R^T, \quad (2)$$

где  $S = \text{diag}(s_1, \dots, s_n)$  – диагональная матрица, ее элементы  $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_n \geq 0$  представляют собой сингулярные числа матрицы  $X$  – арифметические значения квадратных корней из собственных чисел матриц  $XX^T$  или  $X^T X$ ;  $L$  – матрица размерности  $\langle n \times n \rangle$ ; ее столбцы  $L_1, \dots, L_n$  – ортогональные векторы единичной длины – собственные векторы матрицы  $X^T X$ , их называют левыми сингулярными векторами  $X$ ;  $R$  – матрица размерности  $\langle m \times m \rangle$ ; ее столбцы  $R_1, \dots, R_m$  – ортогональные векторы единичной длины – собственные векторы матрицы  $X^T X$ , их называют правыми сингулярными векторами  $X$ .

Разложение (2) можно переписать в виде суммы

$$X = \sum_{i=1}^r s_i L_i R_i^T = s_1 L_1 R_1^T + \dots + s_r L_r R_r^T. \quad (3)$$

Согласно теореме Экакарта–Янга [14], решением экстремальной задачи (1) является сумма первых  $k$  слагаемых в (3):

$$\tilde{X} = \sum_{i=1}^k s_i L_i R_i^T = s_1 L_1 R_1^T + \dots + s_k L_k R_k^T.$$

Такой подход можно рассматривать как аналог метода главных компонент, основанный на минимизации полного квадрата ошибки (суммы дисперсии и квадрата смещения от некоторого центра). Отказ от центрирования матрицы

$X$  соответствует предположению о возможном отсутствии в измерениях, относимых к одному классу, общего центра. Существенно, что разные сингулярные компоненты контрастируют качественно различные черты данных. В базовом варианте классификация и распознавание осуществляются в евклидовой метрике по нескольким первым сингулярным проекциям.

Теперь пусть  $X$  – обучающая выборка, и для матрицы  $X$  имеется разложение (3). Для произвольного  $r$ -мерного вектора  $z$ , подлежащего распознаванию, вычисляются его проекции на базисные оси – столбцы  $R_j$  матрицы  $R$ :

$$w_j(z) = \frac{1}{s_j} z^T R_j, \quad j=1, \dots, p. \quad (4)$$

В  $j$ -м столбце  $L_j$  матрицы  $L$  выбирается элемент  $l_i^{(j)}$ , который имеет минимальное расстояние  $d_j$  до проекции (4):

$$d_j = \min_i |w_j - l_i|, \quad i=1, \dots, n. \quad (5)$$

Так перебираются первые  $p$  сингулярных чисел. Величина

$$d = \min_i \sqrt{(w_i - l_i^{(1)})^2 + \dots + (w_i - l_i^{(p)})^2} \quad (6)$$

задает меру близости между вектором  $z$  и обучающей выборкой  $X$ . Если имеется несколько классов объектов, заданных своими обучающими выборками, то  $z$  относится к тому классу, для которого  $d$  минимально.

При классификации объектов в традиционных гауссовых постановках данный метод проявляет себя так же, как обычный линейный анализ Р. Фишера, однако обеспечивает сразу  $p$  дискриминантных компонент, подчеркивающих различные особенности классов. Первые компоненты, соответствующие максимальным сингулярным числам, контрастируют прежде всего тренды, последующие отвечают в большей степени за корреляционные свойства (рис.1).

Серьезным недостатком предлагаемой технологии слияния распределенных данных является отсутствие единой простой характеристики расхождений типа расстояния Махаланобиса, но в конкретных выборочных ситуациях можно последовательно анализировать ряд, составленный из расстояний (6).



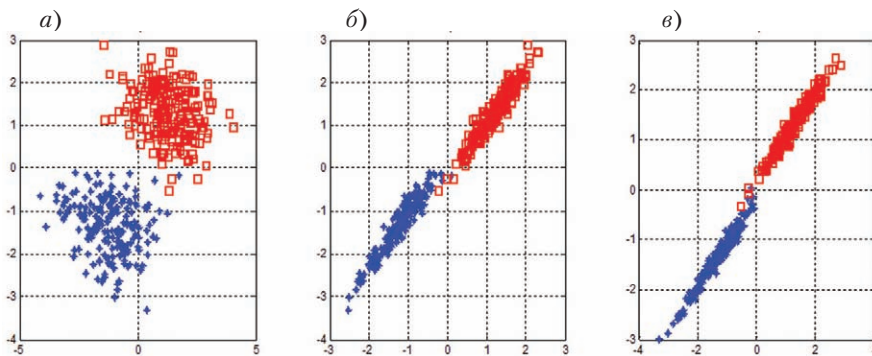


Рис.1. Пары сингулярных компонент для двух гауссовых классов ( $p=4$ ): а – компоненты (1, 3); б – компоненты (2, 3); в – компоненты (3, 4)

## ВЫЧИСЛЕНИЕ SVD

В основных математических пакетах, например в ИМС MatLab, имеется готовая процедура для нахождения сингулярного разложения матрицы  $X$  произвольной размерности  $\langle n \times m \rangle$  ранга  $p$ :

$$[L, S, R] = svd(X).$$

При таком обращении матрица  $L$  имеет размерность  $\langle n \times m \rangle$ ,  $S - \langle n \times n \rangle$ ,  $R - \langle m \times m \rangle$ , все лишние элементы матрицы  $S$  заполнены нулями. При обращении

$$[L, S, R] = svd(X, 0)$$

(так называемая экономная форма SVD) матрица  $L$  имеет размерность  $\langle n \times p \rangle$ ,  $S -$  диагональная матрица  $\langle p \times p \rangle$ ,  $R -$  размерность  $\langle m \times p \rangle$ .

При отсутствии подходящего математического обеспечения SVD можно получить по рекуррентной схеме, известной как алгоритм Голуба–Кахана [15]:

$$L_{(0)} = [1, \dots, 1]^T; R = X^T \cdot L_{(k-1)}; R_{(k)} = \frac{R}{|R|};$$

$$|R| = \sqrt{r_1^2 + \dots + r_m^2},$$

$$\text{где } R = [r_1, \dots, r_m]^T, L = [l_1, \dots, l_n]^T; L = X R_{(k)},$$

$$L_{(k)} = \frac{L}{|L|}, |L| = \sqrt{l_1^2 + \dots + l_n^2}, s_{(k)} = L_{(k)}^T \cdot X \cdot R_{(k)},$$

$k = 1, 2, \dots$ , до выполнения условия сходимости итераций, когда изменение сингулярного числа, полученное на последующей итерации, становится ничтожно малым:

$$|s_{(k)} - s_{(k-1)}| < \varepsilon.$$

Так получается первое сингулярное число  $s$  и соответствующие ему первые столбцы матриц  $L$  и  $R$ . На следующем этапе вводится матрица  $X - sLR^T$ , для нее по той же схеме ищутся второе сингулярное число и вторые столбцы матриц  $L$  и  $R$  и т.д.

Следует иметь в виду, что даже базовый для SVD алгоритм Голуба–Кахана значительно проще и устойчивее, чем традиционные алгоритмы спектрального анализа, а в настоящее время развернут поиск еще более компактных и устойчивых методов [15].

## ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ПРЕДАВАРИЙНОГО КОНТРОЛЯ (СПАК)

В работах [1,3] вводятся три фазы возникновения и развития аварийных ситуаций:

фаза 1 – накопление неисправностей и/или отклонений в режимах работы от нормы. Эта фаза является необходимым, но не достаточным условием для начала аварийного процесса;

фаза 2 – реализация инициирующего события. Наложение такого события на совокупность накопленных на первой фазе неисправностей и отклонений от норм эксплуатации приводит к «запуску» аварийного процесса;

фаза 3 – собственно авария. На этой фазе, как правило, уже не остается времени для кардинального воздействия на аварийный процесс с целью его прекращения и локализации.

Важнейшее обстоятельство, вытекающее из этих рассуждений, состоит в том, что фаза собственно аварии невозможна без накопления неисправностей, отклонений и нарушений в регламенте эксплуатации на первой фазе. Поскольку первая фаза может протекать достаточно длительное время, то логичным шагом оказывается организация контроля еще на этапах работоспособного состояния источников опасности.

Таким образом, под предаварийным контролем понимается автоматизированный контроль состояния технических средств, оборудования и внутренней среды объекта по комплексу параметров – реперов предаварийных состояний [1, 2]. Цель внедрения систем предаварийного контроля (СПАК) – предупреждение бесконтрольного перехода источников опасности в аварийное состояние; задача СПАК – идентификация предаварийного состояния источников опасности по изменению параметров физических полей оборудования и параметров внутренней среды объекта и подготовка проектов решений по предотвращению аварии. Теоретическая основа СПАК – закономерности

формирования и проявления параметров физических полей оборудования и внутренней среды объекта при предаварийных состояниях источников опасности.

При разработке методов предаварийного контроля обычно используется система так называемых административных пределов – контрольных уровней регистрации, исследования и вмешательства [1]:

- при превышении уровня регистрации ограничиваются регистрацией факта изменения параметров обстановки;
- при превышении уровня исследования проводится выявление причин ухудшения обстановки;
- при превышении уровня вмешательства принимаются защитные предупредительные меры.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ

Ниже приведены результаты параллельного наблюдения за модельным очагом пожара семи газоанализаторов и восьми термопар, нормированных по уровню фона. Для исходных 15-мерных измерений выведены пары их главных компонент в сингулярном базисе. На рис. 2 представлен участок нормального функционирования помещения до начала пожара и данные, соответствующие началу возгорания до достижения контрольного уровня регистрации. На рис. 3 представлены такие же данные, соответствующие уровню вмешательства (3-я минута горения).

Старшие сингулярные компоненты контрастируют в первую очередь тренды многомерного процесса, младшие – изменения корреляционной структуры внутри составляющих и между ними. В условиях размытости нулевой гипотезы (фоновый сигнал) и альтернативы (аномальная ситуация) решения о переходе к уровням наблюдения или вмешательства принимаются на основе обычной техники обнаружения разладки по старшим сингулярным компонентам [16].

## ВЫВОДЫ

В работе предложен новый подход к слиянию многоканальных данных в распределенных системах мониторинга судовых помещений и судовых технических средств для реализации в составе разрабатываемых и перспективных систем предаварийного контроля (СПАК). Математической основой предлагаемого подхода являются технологии обнаружения разладки векторного процесса измерений на базе сингулярных разложений матрицы данных. Достоинство предложенного подхода состоит в том,

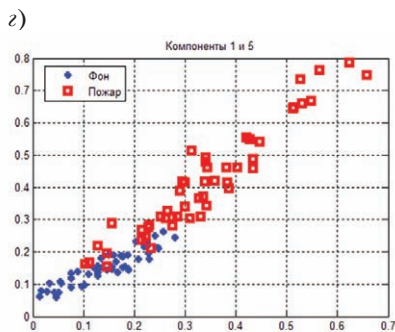
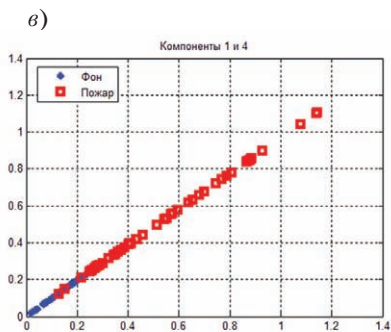
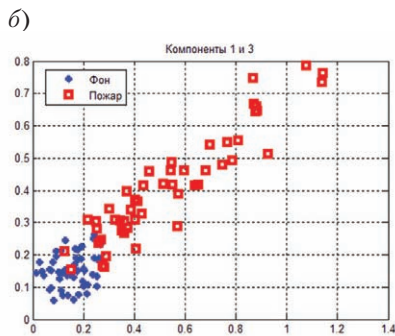
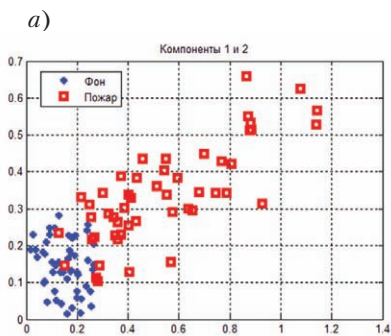


Рис. 2. Проекция измерений на фазовые плоскости 4 сингулярных компонент: а – компоненты (1, 2); б – компоненты (1, 3); в – компоненты (1, 4); г – компоненты (1, 5) – начало возгорания, уровень регистрации

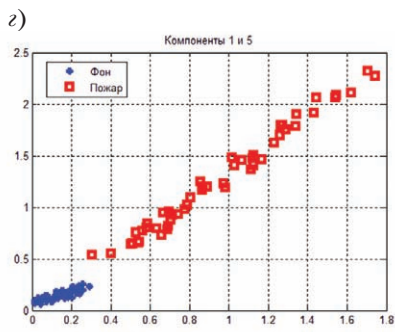
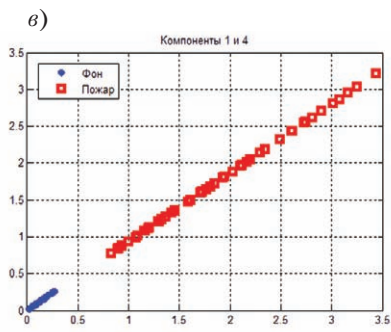
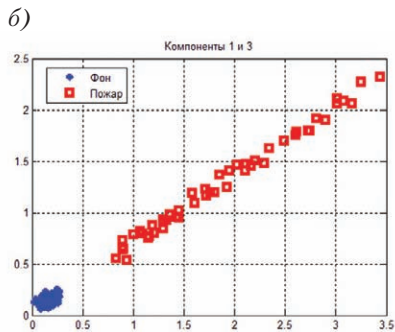
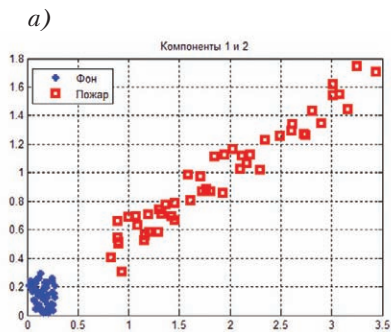


Рис. 3. Проекция измерений на фазовые плоскости 4 сингулярных компонент: а – компоненты (1, 2); б – компоненты (1, 3); в – компоненты (1, 4); г – компоненты (1, 5); – развитие пожара, уровень вмешательства

что он позволяет отказаться от традиционной модели класса (ситуации) в виде реализации  $n$  гауссовых векторов с общим центром, выступающим в качестве «идеального представителя класса». В качестве примера рассмотрены данные полигонных испытаний датчиков по-

жарной сигнализации и их обработка с целью раннего обнаружения предаварийных ситуаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбачев В.А. Научные основы безаварийной эксплуатации кораблей и технических

средств. – СПб.: ВМИИ – 2001. – 128 с.

2. Круглевский В.Н., Скороходов Д.А., Дымкина Т.Е. Интеллектуализация систем пожарной сигнализации. – Тр. 2-й Международ. конфер. по морским интеллектуальным технологиям «МОРИНТЕХ-97». – СПб.: – 1997. – Т. 3. – С.37–40.

3. Микрин Е.А., А.А. Кочкаров, Д.С. Сомов. Мониторинг функционирования сложных технических систем в условиях внешних угроз. – М.: ИПУ РАН. – 2010. – 54 с.

4. Snidaro L, J. Garsia, J. Llinas. Context-based information fusion: a survey and discussion // Inform. Fusion. – 2015. – Vol. 25 – P.16–31.

5. Khaleghi B., Khamis A., Karay F.O. Multisensor data fusion: A review of the state-of-art // Inform. Fusion. – 2013. – Vol.14 – №1. – P. 28-44.

6. Hall D.L., Llinas J. An intrduction to multisensor fusion // Proc. of the IEEE. – 1997. – № 85(1). – P. 6–23.

7. Городецкий В.И., Серебряков С.В. Методы и алгоритмы коллективного распознавания // Изв. РАН. Автоматика и телемеханика. – 2008. - №11 – с.3–40.

8. Городецкий В.И. Состояние и перспективы интеллектуального анализа больших данных // Мат-лы 7-й Росс. мультikonфер. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2014). – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор». – 2014. – Т.2. – С.61–73.

9. Zhu Y., Song E., Zhou J., You Z. Optimal dimensionality reduction of sensor data in multisensor estimation fusion // IEEE Trans. on Signal Processing. – 2005. – №53(5). – P.1631–1639.

10. Skoulalas-Divanis A., Liu H. (Eds.) Large scale data analytics // Springer. – 2014. – 651 p.

11. Tarakanov A.O., Goncharova L.B., Tarakanov O.A. A cytokine formal immune network // Lecture Notes in Artificial Intelligence – Vol. 3630 – Springer-Verlag – 2005. – P. 510–519.

12. Tarakanov A.O., Skormin V.A, Sokolova S.P. Immunocomputing: Principles and Applications. – New York – Springer-Verlag. – 2003. – 208 p.

13. Макианов А.В., Попович Т.В. Ядерные оценки в сингулярном базисе матрицы измерений при классификации объектов – Мат-лы 7-й Росс. мультikonференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2014). – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор». – 2014. – Т.1 – С. 515–520.

14. Eckart C., Young G. The Approximation of One Matrix by Another of Lower Rank // Psychometrika. – 1936. – №4 – P. 81–93.

15. Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, New. – Cambridge University Press – 2007. – 1262 p.

16. Жигляевский А.А., Красковский А.Е. Обнаружение разладки случайных процессов в задачах радиотехники. – Л: Изд-во ЛГУ – 1988.–224 с. ■



**Б**еспилотные летательные аппараты (БПЛА), по оценке Конгресса США, являются примером реализации трансформационной технологии (Transformation Technology), которая может изменить весь характер будущих военных операций. В связи с этим в планах Пентагона им отдается приоритет и из года в год увеличивается финансирование.

По взглядам военных специалистов НАТО, беспилотные летательные аппараты уже сейчас стали незаменимым средством решения различных задач оперативного и тактического уровня на театре военных действий. По их мнению, БПЛА со специальной полезной нагрузкой могут использоваться для ведения видовой разведки, наблюдения, обнаружения, опознавания и сопровождения объектов (целей); обеспечения двусторонней и радиорелейной связи; ведения радио- и радиотехнической/радиоэлектронной разведки (Р и РТР/РЭР), радиоэлектронной борьбы (РЭБ); обнаружения фактов применения химического, биологического, радиологического и ядерного оружия, доставки грузов; участия в информационных операциях; решения задач поиска и спасения; непосредственной авиационной поддержки; участия в воздушно-наступательной операции; контроля состояния окружающей среды.

США и страны НАТО работают над созданием БПЛА для всех видов вооруженных сил: ВВС, армии, ВМС и корпуса морской пехоты. Самых больших результатов в создании ударного БПЛА для ВМС добились США. 14 мая 2013 г. экспериментальный палубный боевой БПЛА Х-47 В, разработанный корпорацией «Нортроп-Грумман», совершил первый взлет с палубы авианосца «Джордж Буш» и 65 минут находился в полете.

Боевые корабли всегда испытывали потребность в авиационной разведке моря и суши. ВМС Великобритании начали использовать самолеты для ведения разведки в ходе Первой мировой войны. В 1918 г. почти каждый английский линкор и крейсер имели на борту разведывательные самолеты, которые взлетали с платформ, прикрепленных к артиллерийским башням. Через два десятилетия появились паровые катапульты, которые значительно облегчили запуск самолетов с кораблей. Спустя некоторое время после появления паровых катапульт основным носителем авиации стали авианосцы. Необходимость каждому кораблю иметь собственные авиационные средства, казалось, отпала.

Однако прогресс в области развития БПЛА, появления новых особо прочных конструкционных материалов, легких экономичных двигателей, миниатюрных датчиков с высокими оперативно-техническими характеристиками, опыт, накапливаемый в ходе применения БПЛА в Югославии, Афганистане, Ираке, Ливии и в других горячих точках позволили создать БПЛА, возвращающиеся на борт кораблей и подводных лодок.

На сегодняшний день ВМС всех основных стран мира рассматривают БПЛА как необходимое средство на борту кораблей.

Командование ВМС США считает, что корабельные БПЛА предназначены для решения следующих задач:

- ведения наблюдения, разведки и рекогносцировки (IRS) в интересах надводных кораблей (НК) и подводных лодок (ПЛ) и передачи видео- и ИК-изображения на КП НК и ПЛ, находящихся в подводном положении, в режиме времени, близком к реальному;
- доразведки морских и наземных целей;
- загоризонтного целеуказания для НК и ПЛ;
- оценки результатов артиллерийских и ракетных ударов НК и ПЛ;

## БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КОРАБЕЛЬНОГО БАЗИРОВАНИЯ

*Г.П. Дремлюга, канд. воен. наук, начальник отдела ОАО «ЦНИИ «Курс»,  
контакт. тел. (495) 365 8463*

- ведения информационной войны;
- ретрансляции данных в звене «КП корабельного соединения – корабли, действующие в прибрежных водах, подразделения десанта на плавсредствах и на берегу»;
- наблюдения за районом дислокации экспедиционного корабельного соединения или авианосно-ударного соединения (АУС) для предотвращения внезапных атак со стороны быстроходных боевых катеров противника;
- подавления системы ПВО противника;
- нанесения ударов по морским и наземным целям противника;
- ведения электронной войны в отношении береговых объектов и морских платформ противника.

Первый корабельный управляемый по радио БПЛА – мишень «Fairye Queen», предназначенный для отработки задач корабельной артиллерии, появился в Великобритании в 1930 г. За ним последовал БПЛА – мишень Havilland DH82 Queen Bee. В 1943–1944 гг. ВМС Великобритании было поставлено свыше 380 аппаратов DH82 В.

В 1960 г. в ВМС США был принят на вооружение корабельный противолодочный БПЛА ОН-50 DASH (Drone Anti-Submarine Helicopter) компании «Gyrodyne» весом 1155 кг, несший противолодочную торпеду. ВМС США было поставлено 746 аппаратов, из которых в ходе эксплуатации 411 были потеряны. БПЛА ОН-50 DASH, вооруженный фотоаппаратурой, ВМС США использовали в период боевых действий во Вьетнаме для выявления огневых точек. ВМС США отказались от использования БПЛА ОН-50 DASH с появлением противолодочной корабельной системы ASROC (Anti-Submarine Rocket). Управление программ перспективных исследований министерства обороны США (DARPA) продолжало использовать БПЛА ОН-50 DASH во Вьетнаме 1969–1972 гг., а армия США использовала его как мишень вплоть до 2006 г. Этот БПЛА применялся длительное время и в ВМС сил самообороны Японии [1].

Технологии компании «Gyrodyne» (США) были переданы по лицензии израильской компании «IAI» («Israel Aerospace Industries») для проекта Hellstar и концерну «Eads – Darnier» для проекта Seamos (See Aufklarungsmittel und Ortungssystem) – 1100 БПЛА, предназначенного для вооружения корветов класса К-130 ВМС Германии. Планировалось, что БПЛА Seamos поступит на вооружение корветов в 2005 г. Проводились работы по обеспечению посадки БПЛА этого проекта на движущиеся платформы и взлета с них. Однако в 2002 г. работы по проекту Seamos были прекращены. Технология компании «Gyrodyne» – вращающихся в разных направлениях винтов – была использована при создании БПЛА Sentinel CL-227 канадской компанией «Bombardier».

Совершенствование систем управления и связи привели к активному продвижению БПЛА на борт боевых кораблей. При этом, как и прежде, оставалась открытой одна фундаментальная проблема – запуск и прием аппарата после выполнения поставленной задачи. Острая потребность в БПЛА у ВМС США возникла в ходе операций в Гренаде, Ливии и Ливане. Так, например, когда США начали боевые действия в Ливане в конце 1983 г., они сразу же потеряли три самолета, которые были сбиты средствами ПВО, поставляемыми Ливану СССР. Необходимо было решать раз-

ведывательные задачи и задачи по оценке результатов бомбардировок не с помощью самолетов, а другими средствами.

В 1985 г. был объявлен конкурс на БПЛА для ВМС из состава готовых аппаратов. В этом конкурсе победил БПЛА RQ-2A «Пионер», выпускаемый израильской компанией «IAI». Сначала была закуплена партия БПЛА «Пионер» в Израиле, а позже он по лицензии выпускался американской компанией «AAI». Стоимость БПЛА «Пионер» – в пределах от 250 000 долл. США до 1 млн. долл. США в зависимости от бортового оборудования.

После приобретения и освоения БПЛА «Пионер» они в 1986 г. были установлены на линкоре «Айова». В 1987 г. корпуса морской пехоты (КМП) также закупили систему «Пионер» для использования ее с амфибийных десантных кораблей класса «Тарава», а ВМС развернули БПЛА «Пионер» на трех остальных линкорах, а также интегрировали эту систему с амфибийными кораблями-доками класса «Аустин». Оборудованные телевизионной камерой компании «IAI», БПЛА RQ-2A «Пионер» успешно обеспечивали действия линкоров в операции «Буря в пустыне». После вывода линкоров из состава ВМС США БПЛА «Пионер» были размещены на шести амфибийных кораблях-доках класса «Аустин», на которых находятся и в настоящее время. Планировалось оснастить системой «Пионер» еще два корабля этого класса. БПЛА RQ-2B «Пионер» с ИК-камерами типа Versatron Smallball или Wescam 12DS и цветной видеокамерой размещаются на амфибийных кораблях класса «Тарава» КМП [2].

Общий вид БПЛА RQ-2A «Пионер» показан на рис. 1.



Рис. 1. БПЛА RQ-2A «Пионер»

БПЛА «Пионер» запускается гидравлической катапульты с наклонной направляющей, расположенной на борту корабля. Для запуска используется ускоритель (Jet-assisted Take OFF). Посадка осуществляется направлением БПЛА в специальную развешенную сетку, которая поглощает энергию и сохраняет аппарат в целости. На рис. 2 показана посадка БПЛА RQ-2 «Пионер» на борт боевого корабля после выполнения задания.

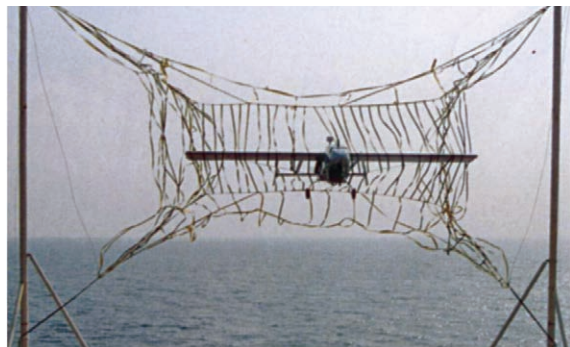


Рис. 2. Посадка БПЛА RQ-2 «Пионер» на борт боевого корабля

Характеристики БПЛА «Пионер»: длина – 4,24 м; размах крыла – 5,12 м; диаметр корпуса – 0,37 м; взлетная масса – 210 кг; скорость – 177 км/ч; продолжительность полета – 6,5 ч; потолок – 4572 м. На БПЛА RQ-2 «Пионер», которые применялись в Югославии, были установлены средства це-

леуказания для ракеты AGM-84 SLAMS компании «Boeing», запускаемой с патрульного самолета «P-3C» «Орион».

Гидравлическая катапульта и наклонная направляющая используются также для запуска 211-килограммового БПЛА «Шедоу 400» компании «AAI» (США) весом 211 кг, с борта боевых кораблей ВМС Республики Корея. На рис. 3 показана подготовка к запуску аппарата «Шедоу 400» с борта боевого корабля.



Рис. 3. Подготовка к запуску БПЛА «Шедоу 400» с борта боевого корабля ВМС Республики Корея

После выполнения задания БПЛА «Шедоу 400» направляется для осуществления «посадки» в сетку (см. рис. 2).

Специальное подразделение ВМС США № 1, которое обеспечивает безопасность портов и гаваней, использует БПЛА Silver Fox Block 4 весом 12,2 кг. Этот аппарат может запускаться с надувной лодки с жестким корпусом длиной 11 м. После выполнения задачи аппарат падает в море.

Новая система запуска БПЛА с борта боевых кораблей и их «посадки» на борт была разработана фирмой «Insitu», которая входит в настоящее время в состав компании «Boeing», для БПЛА системы Scaneagle. Запускается БПЛА Scaneagle из клиновидной пневматической катапульты, а принимается с помощью запатентованной фирмой «Insitu» системы «воздушных крючков» (skyhook system), установленных на 15-метровой веревке, растянутой на гике корабля. За эти «крючки» БПЛА Scaneagle зацепляется с помощью специальных устройств, смонтированных на вертикальных оконечностях крыльев.

Система БПЛА Scaneagle создана для наблюдения, разведки и рекогносцировки при проведении экспедиционных операций. Планируется, что эти БПЛА будут установлены на борту крейсеров класса «Иджис» и фрегатов типа FFG-7.

ВМС Великобритании и компания «Thales», по контракту с ВМС провели испытания «Joint UAV Experimental Programme» использования БПЛА Scaneagle компании «Boeing» с фрегата «Садерленд» (рис. 4). В начале 2007 г. министерством обороны Великобритании были сформулированы «Оперативные требования по созданию корабельного БПЛА для освещения обстановки». Однако финансирования данный проект не получил.

На рис. 5 показан БПЛА Scaneagle во время выполнения полетного задания.



Рис. 4. Запуск БПЛА Scaneagle с борта фрегата «Садерленд» ВМС Великобритании. Хорошо видны вертикальные оконечности крыльев





Рис. 5. БПЛА Scaneagle в полете

БПЛА Scaneagle имеет вес 20 кг, крейсерскую скорость 90 км/ч, максимальную скорость 140 км/ч, потолок около 3000 м, длительность полета 22 ч при обычном топливе и 28 ч при тяжелом топливе. На нем установлена электронно-оптические (ЭО) и ИК системы, GPS, а также система уклонения от столкновения с воздушными объектами.

Требования к наличию катапульты и различного рода тормозных устройств на борту боевых кораблей отпадают, если обратиться к БПЛА вертолетного типа. Однако они имеют следующие недостатки. Вес двигателя вертолетного БПЛА и его трансмиссионных устройств в значительной мере ограничивают количество топлива, которое аппарат может принимать на борт, что ведет к уменьшению дальности и продолжительности полета. В ходе работы винтов образуются ударные волны, которые снижают скорость поступательного движения.

Прорывом в этой области, по оценке специалистов ВМС США, считается создание БПЛА вертолетного типа A160T Hummingbird компанией «Boeing» с необычной конструкцией винтов. Финансирование на его создание поступает от Управления программ перспективных исследований министерства обороны США и от ВМС США. Вес БПЛА Hummingbird составит 2950 кг, продолжительность полета – 24 ч с нагрузкой 135 кг, скорость – 260 км/ч, высота полета – 9000 м. Первый полет БПЛА A160T совершил в июне 2007 г. Он показал продолжительность полета 18,7 ч.

Наиболее подходящим БПЛА вертолетного типа в настоящее время, по оценке командования ВМС США, является БПЛА MQ-8B Fire Scout, разработанный компанией «Northrop Grumman» на базе четырехметрового вертолета «Schweizer 333». Вес БПЛА Fire Scout – 1430 кг, длина – 7 м, диаметр винта – 8,4 м, высота – 2,9 м, скорость – 125 уз, высота полета – 6,1 км. На аппарате установлен двигатель мощностью 313 кВт компании «Rolls-Royce» модели 250 [3].

ВМС США планирует вооружить БПЛА Fire Scout корабли ведения боевых действий в прибрежных водах (Littoral Combat Ships). В 2009 г. проводилась техническая и оперативная оценка действий аппарата на борту фрегатов класса FFG-7. На БПЛА Fire Scout устанавливаются ЭО/ИК системы типа Brite Star II компании «Flir Systems», обнаружения мин Cobra и общая тактическая система передачи данных.

На рис. 6 показан общий вид БПЛА вертикального взлета MQ-8B Fire Scout.

Наиболее успешным БПЛА вертолетного типа корабельного базирования на сегодняшний день является БПЛА Camcopter S-100 компании «Schiebel» (Австрия) весом 200 кг, с полезной нагрузкой 50 кг и продолжительностью полета 6 ч. В 2002 г. четыре аппарата этого типа были поставлены ВМС Египта, в 2009 г. несколько БПЛА S-100 находилось в производстве для ВМС ОАЭ

Компания «Schiebel» работает в тесном контакте с компанией «Thales» (Великобритания) и «Dichl BGT Defense» (Германия) в интересах продвижения БПЛА Camcopter S-100 на боевые корабли ВМС этих стран. Аппарат S-100 проходил испытания на борту фрегата типа



Рис. 6. БПЛА MQ-8B Fire Scout, которым командование ВМС США планирует вооружить корабли, ведущие боевые действия в прибрежных водах (Littoral Combat Ships)



Рис. 7. Испытательные полеты БПЛА Camcopter S-100 с борта фрегата типа К-130 ВМС Германии, Балтика, 2008 г.

К-130 ВМС Германии на Балтике в 2008 г., а также на борту кораблей ВМС Индии, Пакистана и Испании.

В октябре 2008 г. ВМС Франции провели испытания своей системы управления посадкой и взлетом БПЛА вертолетного типа, используя БПЛА Camcopter S-100. На рис. 7 показана посадка БПЛА Camcopter S-100 на вертолетную площадку фрегата типа К-130 ВМС Германии [4].

Еще в 90-х гг. ВМС США начали работы по запуску БПЛА с ПЛ, находящейся в подводном положении. В 1996 г. ВМС США провели испытания, в ходе которых был продемонстрирован запуск БПЛА под названием «Sea Ferret», находящегося в контейнере из торпедного аппарата ПЛ. После подъема аппарата в воздух его управление осуществлялось из-под воды с КП ПЛ. После выполнения задания и возвращения в район нахождения ПЛ БПЛА опускался на парашюте. Схема была предложена корпорацией «Northrop Grumman». Корпорация «Lockheed Martin» в 2005–2006 гг. проводила работы по запуску БПЛА Cormorant из пусковых шахт системы «Трайидент» ПЛАРБ «Огайо». Проводились также работы по запуску малогабаритных БПЛА из пусковых установок КР «Tomahawk» АПЛ.

Компании «EMT» и «Gaber» (Германия) работают над проектом Volans – запуском малогабаритных БПЛА типа «Aladin» весом 5,5 кг из ПЛ, находящейся на перископной глубине. Цилиндрический контейнер, примыкающий к перископной мачте, вмещает четыре специально уложенных БПЛА «Aladin» и выдвижное устройство запуска, которое после открытия крышки контейнера поднимается вверх вместе с одним из БПЛА. Поднявшись на определенную высоту, верхняя часть выдвижного устройства занимает горизонтальное положение и образует направляющую для запуска БПЛА (рис. 8).

В США ведутся активные работы по созданию БПЛА корабельного базирования [5]. Одной из центральных про-

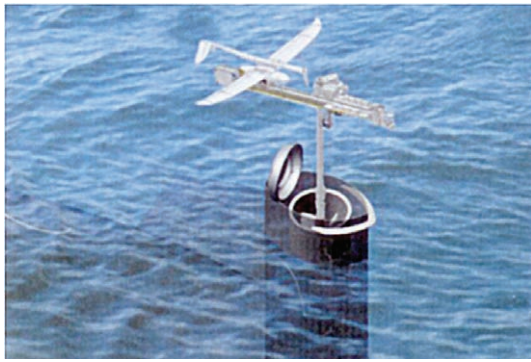


Рис. 8. Запуск БПЛА «Aladin» с подводной лодки, находящейся на перископной глубине

грамм является программа UCLASS (Unmanned Carrier Launched Airborne Surveillance and Strike), направленная на создание БПЛА, способного вести всепогодную воздушную разведку, поражать важные цели на дальности более 1100 км от авианосца, осуществлять радиоэлектронную борьбу и решать другие задачи [6]. В работе [7] было показано создание экспериментального палубного разведывательного и ударного БПЛА X-47В и даны его основные характеристики.

На рис. 9 показана посадка экспериментального БПЛА X-47В на палубу авианосца «Гарри Трумэн».



Рис. 9. Посадка БПЛА X-47В на палубу авианосца «Гарри Трумэн». Хорошо виден тормозной трос, который гасит скорость БПЛА

Активность ВМС США в этой области обусловлена в значительной мере тем, что использование палубной пилотируемой авиации в первые дни конфликта со странами, имеющими сильную систему ПВО, до завоевания господства в воздухе будет ограничено очень высоким уровнем потерь.

Министерство ВМС США разработало требования к продолжительности полета БПЛА корабельного базирования, которая должна составлять не менее 12 ч. Достижение этой неограниченной физиологическими возможностями экипажа характеристиками, в том числе благодаря применению дозаправки топливом в воздухе (рис. 10 [8]), позволит сократить необходимый наряд сил для организации непрерывной разведки и воздушного патрулирования, снизить интенсивность использования взлетно-посадочного оборудования, а также загруженность инженерно-технического состава.

В соответствии с оценкой задач боевого применения палубного БПЛА он должен обладать малой заметностью в радиолокационном и инфракрасном диапазонах длин волн. При этом его масса и размеры должны быть достаточно большими для обеспечения безопасности и устойчивости БПЛА при взлете и посадке в условиях характерной высокой турбулентности воздушных потоков над полетной палубой авианосца.



Рис. 10. Заправка БПЛА X-47В в воздухе. Первая заправка БПЛА в воздухе была проведена 22 апреля 2015 г. [8]

ВМС США планируют инвестировать 3,2 млрд. долл. в реализацию программы UCLASS в 2014–2020 гг. для разработки, постройки и ввода в эксплуатацию от 6 до 24 БПЛА корабельного базирования [1].

Первые полеты запланированы на 2017 г., испытательные полеты в морских условиях должны начаться в 2019 г. Ввод в боевую эксплуатацию планируется на 2020 г.

В 2014 г. и 2015 г. проводились интенсивные испытания экспериментального БПЛА компании «Northrop Grumman» X-47В; ночные полеты в апреле 2014 г., заправка в воздухе 22 апреля 2015 г., а также совместные полеты с самолетами палубной авиации. 17 августа 2014 г. специалисты «Northrop Grumman» впервые испытали БПЛА X-47В совместно с пилотируемым самолетом-истребителем-штурмовиком F/A-18 «Хорнет» (рис. 11).



Рис. 11. Подготовка к совместному полету БПЛА X-47В и истребителя-штурмовика F/A-18 «Хорнет»

Взлет и посадка БПЛА и истребителя координировались с пункта управления авианосца. В ходе первого полета, который длился 8 мин., БПЛА развил скорость 193 км/ч и набрал высоту 360 м. После окончания испытаний обе машины успешно вернулись на палубу авианосца.

Активные испытания экспериментального БПЛА этой компании X-47В были запланированы до конца сентября 2015 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Armada International, 2009.
2. Seapower, 2011.
3. Сводная таблица по БПЛА различных стран мира «Armada International UAV Overview 2011», 2011.
4. Зарубежное военное обозрение, 2010.
5. Дремлюга Г. П., Есин С. А., Иванов Ю. А., Ляшенко В. А. Беспилотные летательные аппараты. – М.: Лит. агентство «Варяг», 2004.
6. Зарубежное военное обозрение, 2014, № 9.
7. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. – 2013. – Вып. 2.
8. C4ISR and Network, 2015 г. – May. ■



При составлении полетного задания движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для выполнения маневра посадки на судно определяют время и маршрут его возвращения [1–3]. Для этой цели рассчитывают точку местонахождения судна в момент прихода на посадку БПЛА с учетом особенностей движения судна и БПЛА. Например, судно двигается заданным постоянным курсом по своему маршруту, обеспечивая минимальный расход горючего, для доставки груза в пункт назначения, соблюдая разрешенный фарватер. Необходимость срочного возвращения БПЛА на судно-носитель возникает при обнаружении неисправности целевой аппаратуры непосредственно после старта [4].

Маневр должен обеспечить минимальный путь сближения БПЛА с судовым посадочным устройством по курсу, максимально совпадающему с курсом судна.

На конечном участке траектории сближения происходит «захват» БПЛА судовой системой управления и приведение его к зацеплению с посадочным устройством. Параметры каждого участка траектории (время начала и продолжительность) определяют на основании анализа траектории сближения с учетом маневров разворота БПЛА в сторону судна и подхода к посадочному устройству. В качестве посадочного устройства примем тормозное устройство, вынесенное за контур корабля на кран-балке [1]. Для посадки на такое устройство необходимо, чтобы на последнем участке пути БПЛА двигался на определенной высоте по курсу, близкому к курсу движения судна.

Рассмотрим движение БПЛА в горизонтальной плоскости в прямоугольной системе координат  $XZ$  с началом в точке, соответствующей началу маневра. Направление оси  $X$  соответствует направлению движения БПЛА в точке  $A_0(x=0, z=0)$ .

На рис. 1 сплошной жирной линией показана типовая траектория сближения БПЛА с судном.

В момент времени  $t=0$  (начало маневра сближения) БПЛА находится в точке  $A_0$  и движется со скоростью  $V_A$ . Направление вектора скорости  $V_A$  в этот момент  $\psi(0)=0$ . В этот же момент судно-носитель с устройством посадки находится в точке  $A_0$  и движется со скоростью  $V_H$ . Направление вектора скорости судна в момент  $t=0$  характеризуется величиной  $\psi(t=0)$ . Здесь и далее полужирным шрифтом обозначены векторные величины, а светлым шрифтом – скалярные.

Пусть модуль вектора скорости БПЛА  $V_A$ , модуль вектора скорости судна  $V_H$ , а также направление его движения  $\psi$  являются известными величинами в течение времени сближения БПЛА и судна. Прогнозируемое положение судна в момент посадки БПЛА  $t_k$  характеризуется точкой, в которой окажется судно, двигающееся с модулем вектора скорости  $V_H$  в направлении  $\psi(t_k)$ .

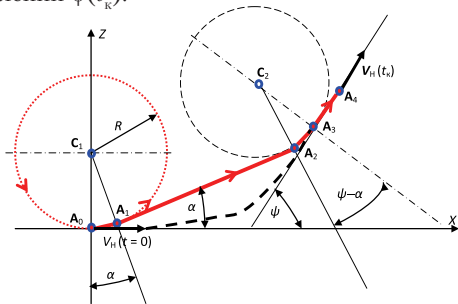


Рис. 1

Отметим, что для минимизации длины траектории БПЛА радиус циркуляции выбирается из условия допустимой боковой перегрузки  $n$  и возможности бортовой системы обеспечить угловую скорость разворота

$$R = V_A^2 / ng. \quad (1)$$

## ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ВОЗВРАЩЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА СУДНО-НОСИТЕЛЬ

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

Определим характерные точки траектории  $A_i(x_i, z_i)$ , обозначенной красной линией на рис. 1 от начальной точки  $A_0$  до  $A_4$  – точки сцепления БПЛА с носителем.

Первая циркуляция начинается в точке  $A_0$  и заканчивается в  $A_1$ :

$$A_1[x_{A1} = R \sin \alpha, z_{A1} = R(1 - \cos \alpha)], \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол дуги первой циркуляции, равный углу наклона следующего прямого участка относительно оси  $X$ .

Далее второй участок – движение по прямой линии от  $A_1$  до  $A_2$ :

$$A_2[x_{A2} = x_{A3} - R \sin(\psi - \alpha) \cos \psi, z_{A2} = z_{A3} - R \sin(\psi - \alpha) \sin \psi], \quad (3)$$

где  $\psi$  – угол, соответствующий курсу движения судна-носителя в расчетный момент сцепления с БПЛА.

На третьем участке циркуляция для изменения курса движения БПЛА  $\alpha$  до курса движения судна носителя  $\psi = \psi(t_k)$

$$A_3[x_{A3} = x_{A4} - L_H \cos \psi, z_{A3} = z_{A4} - L_H \sin \psi], \quad (4)$$

где  $L_H$  – длина пути БПЛА, необходимая судовой системе управления для захвата на сопровождение и точное наведение БПЛА на судовое посадочное устройство;  $L_H = 300\text{--}500$  м в зависимости от возможных отклонений БПЛА от программной траектории движения и внешних метеоусловий.

На четвертом участке расчетное значение параметров траектории – движение по прямой от  $A_3$  до  $A_4$ :

$$A_4[x_{A4} = x_H(t_k), z_{A4} = z_H(t_k)]. \quad (5)$$

К этим точкам необходимо добавить центры циркуляции БПЛА  $C_1(x_{c1}, z_{c1})$  и  $C_2(x_{c2}, z_{c2})$

$$C_1[x_{c1} = 0, z_{c1} = R \operatorname{sign}(z_3)]; C_2[x_{c2} = x_3 - R \sin \psi, z_{c2} = z_3 + R \cos \psi]. \quad (6)$$

Центр первой циркуляции  $C_1(x_{c1}, z_{c1})$  находится на оси  $Z$  на расстоянии радиуса  $R$ .

Если  $z_{A3} < 0$ , БПЛА делает поворот в правую сторону, соответствующий  $\psi < 0$ , если  $z_{A3} > 0$  – влево, соответствующий  $\psi > 0$ .

Если известно  $t_k$  и направление движения судна-носителя в это время, т.е. значение  $\psi(t_k)$ , то неизвестное значение угла  $\alpha$  определяется отношением

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= (z_{A2} - z_{A1}) / (x_{A2} - x_{A1}) = \\ &= \frac{[z_{A4} - L_H \sin \psi - R \sin(\psi - \alpha) \sin \psi - R(1 - \cos \alpha)]}{[x_{A4} - L_H \cos \psi - R \sin(\psi - \alpha) \cos \psi - R \sin \alpha]}. \quad (7) \end{aligned}$$

Из уравнения (7) находим значение угла наклона  $\alpha$ .

Определим длину участков траектории сближения БПЛА с судном-носителем.

Длина пути БПЛА при циркуляции относительно центра  $C_1$

$$L_1 = \alpha R \text{ или } L_1 = (2\pi + \alpha)R. \quad (8)$$

Длина второго участка траектории сближения

$$L_2 = [(z_{A2} - z_{A1})^2 + (x_{A2} - x_{A1})^2]^{0.5} \text{ или } L_2 = |A_1 - A_2|. \quad (9)$$

Длина пути БПЛА при циркуляции относительно центра  $C_2$

$$L_3 = (\psi - \alpha)R. \quad (10)$$

Длина последнего участка «захвата» БПЛА судовой системой управления и точного приведения к посадочному устройству

$$L_4 = L_H \pm \Delta_H,$$

где  $\Delta_H$  – допустимый интервал отклонения  $L_H$  от номинального значения, например,  $L_4 = (600 \pm 200)$  м [1].

Длина программной траектории выхода БПЛА в точку  $A_3$

$$L_A = L_1 + L_2 + L_3. \quad (11)$$

$L_C$  – длина пути судна для выхода из точки  $H(t=0)$  в точку  $A_4$  и изменения курса на величину  $\psi$ .

Условием реализации такой траектории является одинаковое время, затрачиваемое БПЛА для перехода из точки  $A_0$  в точку  $A_3$ , а носителя – в точку  $A_4$ .

Если начальное положение носителя  $H(t=0)$  существенно ближе к точке  $A_4$ , то задача определения траектории сближения БПЛА и носителя сводится к задаче, ранее решенной в [3], и в данной статье она не рассматривается.

Если в момент  $t=0$  носитель и БПЛА находятся в точке  $A_0$ , как показано на рис. 1 положением  $V_{H0}(t=0)$ , путь носителя длиннее пути БПЛА, т.е. скорость носителя должна быть больше скорости БПЛА, что не соответствует реальному соотношению  $V_A/V_H > 1$ . Для существующих судов (кораблей) и БПЛА отношение средних значений скоростей  $V_A/V_H$  находится в пределах 2–5.

Таким образом, если

$$(L_A/V_A) / (L_C/V_H) > 1, \quad (12)$$

то условие (12), необходимое для маневра посадки БПЛА, не выполняется.

Для выполнения условия (12) необходимо удлинить путь  $L_A$ . Дополнительный путь  $L_d$  находят из условия

$$(L_A + L_d) / L_C = V_A/V_H \text{ или } L_d = L_C V_A/V_H - L_A. \quad (13)$$

Например, требуемую величину  $L_d$  можно обеспечить дополнительной циркуляцией БПЛА относительно центра  $C_1$ , как показано на рис.1 пунктирной линией.

Возможна циркуляция с радиусом не менее значения  $R$ , определяемым условием (1). Если требуемое значение  $L_d > 2\pi R$ , то радиус  $R_d$  дополнительной циркуляции целесообразно увеличить, приняв  $R_d = L_d/2\pi$ .

Если  $L_d < 2\pi R$ , то выполнение циркуляции приведет к необходимости увеличения длины участка  $A_3 A_4$  на величину  $2\pi R - L_d$ .

За время циркуляции БПЛА  $t_{ци} = 2\pi R/V_A$  судно пройдет путь циркуляции  $L_C$ .

Скорость носителя  $V_H$  меньше скорости  $V_A$  БПЛА, поэтому для посадки необходимо соблюдение условия

$$L_C = 2\pi R V_H / V_A \leq L_H \pm \Delta H. \quad (14)$$

Если условие (14) для циркуляции с минимально допустимым радиусом не выполняется, то радиус программной траектории необходимо увеличить до величины  $R = V_A L_C / 2\pi V_H$ .

Рассмотрим случай, когда после пуска БПЛА судно разворачивается и резко меняет свой курс более чем на  $\pi/2$ , как показано на рис. 2 жирной пунктирной линией. Здесь направление движения судна-носителя  $\psi(t_k) \neq \psi(t=0)$  и отношение скоростей  $V_A/V_H$  не менее 3.

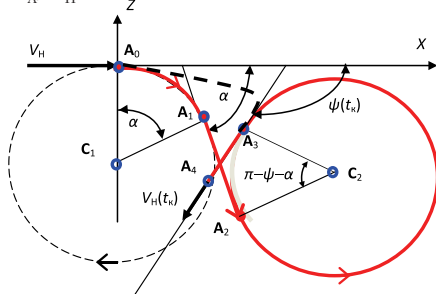


Рис. 2

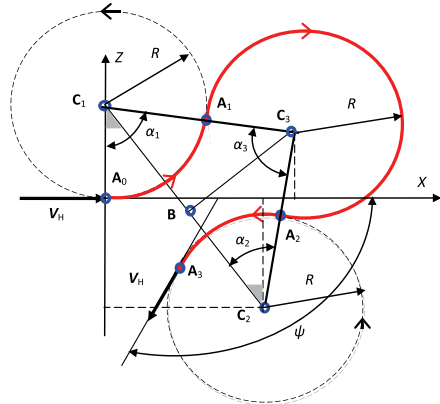
В этом случае возможна реализация траектории перемещения БПЛА в точку  $A_3$  по курсу  $\psi(t_k)$  при помощи двух дуг циркуляций и одной прямой. Характерные точки траектории возврата БПЛА на носитель и центры дуг циркуляций определяются по формулам (6), а длина траектории БПЛА – по формулам (8) – (11).

Ситуация, подобная предыдущему случаю, осложняется, например, наличием зоны, запретной для полета БПЛА, как показано на рис. 3, а. Здесь приходится использовать не две

циркуляции, а три, сопряженные между собой. Вместо движения на участке  $A_1 A_2$  по прямой добавляется дуга циркуляции с центром  $C_3(x_{C3}, z_{C3})$ .

Для определения параметров траектории сближения БПЛА с судном необходимо определить координаты  $C_3$ . Для этого проведем дополнительные геометрические построения, как показано на рис. 3, б. Соединим  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  между собой, образуя равнобедренный треугольник, две стороны которого равны  $2R$ .

а)



б)

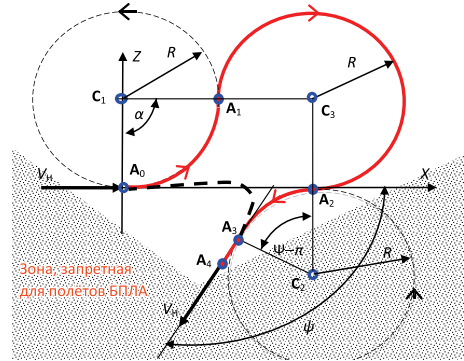


Рис. 3

Обозначим середину основания этого треугольника

$$B [x_B = (x_{C1} + x_{C2})/2, z_B = (z_{C1} + z_{C2})/2]. \quad (15)$$

Координаты  $C_3(x_{C3}, z_{C3})$  найдем из условия пересечения прямой  $BC_3$  и окружности радиуса  $2R$  с центром  $C_1$ . Наклон  $k$  прямой  $BC_3$  определяется относительно  $C_1 C_2$  отношением

$$k = (x_{C2} - x_{C1}) / (z_{C2} - z_{C1}), \quad (16)$$

которое определит связь координат  $C_3(x_{C3}, z_{C3})$ , т.е.

$$z_{C3} = z_B + k(x_{C3} - x_B). \quad (17)$$

Уравнение окружности, на которой находится  $C_3$ , имеет вид

$$(x_{C3} - x_{C1})^2 + (z_{C3} - z_{C1})^2 - 4R^2 = 0. \quad (18)$$

Решая совместно (16) в (17), находим значения  $x_{C3}$  и  $z_{C3}$ .

Угловые значения участков траектории в соответствии с обозначениями рис. 3, б:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \arccos[(x_{C3} - x_{C1})/2R]; \\ \alpha_2 &= \arcsin(BC_3/2R); \\ \alpha_3 &= 2\arccos(BC_3/2R). \end{aligned} \quad (19)$$

Длина траектории выхода БПЛА в точку  $A_3$

$$L_{A3} = (\alpha_1 + \alpha_2 + 2\pi - \alpha_3) R. \quad (20)$$

Сравнивая траектории сближения на рис. 2 и рис. 3, видно, что длина траектории из трех дуг (20) может оказаться короче траектории из двух дуг и прямой (11).

Естественным условием невозможности использования траектории из трех дуг является  $|C_1 - C_2| \geq 4R$ .

## ВЫВОДЫ

1. Формирование программной траектории для сближения БПЛА с судном-носителем в условиях, когда в момент принятия решения о необходимости посадки они находятся на малом расстоянии друг от друга (соизмеримом с мини-



мальным радиусом циркуляции БПЛА) и имеют различные направления движения, принципиально не отличается от способа определения траектории минимального пути возвращения БПЛА, рассмотренного в [1–3]. Траектория маневра и выхода БПЛА на курс судна-носителя состоит из двух дуг, сопряженных с начальным направлением полета БПЛА и курсом движения судна, а также участка прямолинейного движения, соединяющего по касательной эти дуги.

2. Ограничения на зону возможного маневрирования БПЛА и близость судна-носителя требуют необходимости рассмотрения и использования альтернативных траекторий с тремя дугами циркуляции.

3. Близость расположения БПЛА и судна-носителя приводит к необходимости удлинения маршрута сближения, например, увеличением радиуса циркуляции или числа циркуляций для обеспечения условий «захвата» БПЛА судовой системой управления и приведения его к посадочному устройству.

4. Приведенные соотношения (11) и (19) позволяют определить длину траектории сближения БПЛА с судном-носителем и координаты перехода от одного типа движения к другому, необходимые для составления полетного задания

траектории аварийного возвращения БПЛА на судно-носитель.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.А., Дворяшин М.С., Морозов В.В., Петухова Е.С., Подоплекин Ю.Ф., Соловьев А.В., Соловьева В.В., Толмачев С.Г., Шаров С.Н., Яцковская И.М. Посадка беспилотных летательных аппаратов на суда: Проблемы и решения. Науч. издание / Под науч. редакцией Г.А. Коржавина. – СПб.: Судостроение. – Библиотека судостроителя. – Сер. «Судовое приборостроение», 2014. – 192 с.
2. Петухова Е.С. Особенности траектории возвращения беспилотного летательного аппарата для посадки на движущееся судно. – Проблемы посадки беспилотных летательных аппаратов на движущееся судно и технические пути их решения: Сб. ст. – СПб.: БГТУ, ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», 2010, – С. 21 – 29.
3. Шаров С.Н., Петухова Е.С. Расчет траектории возвращения беспилотного летательного аппарата на движущийся носитель. – Проблемы посадки беспилотных летательных аппаратов на движущееся судно и технические пути их решения: Сб. ст. – СПб.: БГТУ, ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», 2010, – С. 29–37.
4. Шаров С.Н. Система поддержки принятия решения при посадке беспилотного летательного аппарата на движущееся судно // Морской вестник. – 2014. – № 4(52). – С. 53–56. ■

Одним из основных радиотехнических устройств, обеспечивающих связь с береговыми объектами, летательными аппаратами, надводными кораблями гражданского и военно-морского флота являются радиопередающие устройства (РПДУ) длинноволнового, средневолнового и коротковолнового диапазона [1].

Повышение энергетической эффективности, улучшение массогабаритных показателей, надежности таких РПДУ [1] достигается путем использования в их каскадах высокоэффективных ключевых режимов работы классов D и E.

В качестве модуляторов для усиления огибающей радиочастотного (РЧ) сигнала в РПДУ применяются усилители класса D, коэффициент полезного действия (КПД) которых достигает 93–96% [2].

В [1] получены линейные зависимости выходного напряжения  $U_n$  на нагрузке усилителей класса D (РЧ генераторе) от длительности импульсов управления  $\tau_n$  (статическая модуляционная характеристика) для идеализированного случая без учета конечной длительности фронтов импульсов, потерь в активных переключающихся приборах, нелинейности элементов устройства.

На практике модуляционные характеристики усилителей класса D в ключевых РПДУ (статические характеристики) в ряде случаев имеют заранее известную определенную нелинейность, которая может быть получена из [2, 3]. При этом возникает задача определения отдельных спектральных составляющих  $U_{nk}$  и коэффициента гармоник  $k_r$  (нелинейных искажений) выходного напряжения по известной (заданной аналитически) статической характеристике  $U_n(\tau_n)$  устройства при условии, что закон изменения длительности широтно-модулированной импульсной последовательности задан и имеет вид:

$$\tau_n = \tau_{n0} - \tau_{nm} \times \cos \Omega t, \quad (1)$$

где  $\tau_{n0}$  – среднее значение длительности импульсов широтно-импульсной последовательности;  $\tau_{nm}$  – амплитуда отклонения девиация длительности импульсов  $\tau_n$  от среднего значения  $\tau_{n0}$ .

При определении спектра выходного напряжения (отклика)  $U_n(\Omega t)$  используется один из видов аппроксимации

## МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ И СПЕКТРА ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПО МОДУЛЯЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**В.В. Николаев**, канд. техн. наук, проф.,

зав. кафедрой СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

**М.Ю. Плотицков**, директор,

**А.А. Толстоусов**, начальник отдела, ОАО «УК «Радиостандарт»,

контакт. тел. (812) 319 6783

статической характеристики  $U_n(\tau_{n0})$  [3]. После этого с учетом (1) определяются отдельные спектральные составляющие  $U_{nk}$ , по которым находится коэффициент гармоник выходного напряжения

$$k_r = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \frac{U_{nk}^2}{U_{n1}^2}},$$

где  $U_{n1}$  – амплитуда основной гармоники усиленного сигнала;  $U_{nk}$  – амплитуда  $k$ -й гармоники сигнала.

Недостаток такого решения – громоздкость, что связано с трудоемкостью этапа аппроксимации статической характеристики  $U_n(\tau_n)$ . Точность определения амплитуд гармоник выходного сигнала существенно зависит от точности аппроксимации функции  $U_n(\tau_n)$ , а точность нахождения коэффициента гармоник  $k_r$  – как от точности аппроксимации зависимости  $U_n(\tau_n)$ , так и от числа учитываемых в (2) гармоник. Снижение погрешности результатов достигается ценой существенного усложнения аппроксимирующей функции и увеличения числа учитываемых в (2) гармоник.

Рассмотрим метод нахождения  $k_r$  без вычисления отдельных гармонических составляющих и определения спектра выходного напряжения усилителей класса D, исключая этап аппроксимации их статических характеристик. С этой целью для определения коэффициента нелинейных искажений  $k_r$  выходного напряжения  $U_n(\Omega t)$  воспользуемся уравнением замкнутости рядов Фурье (равенством Пар-

севала). То есть, если  $U_n(\Omega t)$  – заданная на  $[-\pi, \pi]$  ограниченная функция, удовлетворяющая условиям Дирихле, и

$$\frac{U_{n0}}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} U_{nak} (\cos k\Omega d(\Omega t) + \sin k\Omega d(\Omega t))$$

её ряд Фурье, то

$$\frac{1}{\pi} \times \int_0^{2\pi} U_{n0}(\Omega t) \times d(\Omega t) = 0,5U_{n0}^2 + \sum_{k=1}^{\infty} U_{nk}^2 = 0,5U_{n0}^2 + U_{n1}^2 + \sum_{k=2}^{\infty} U_{nk}^2 = 0,5U_{n0}^2 + (U_{n1}^2 + U_{n1}^2) + \sum_{k=2}^{\infty} (U_{nak}^2 + U_{nbk}^2), \quad (3)$$

где

$$U_{n0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n(\Omega t) \times d(\Omega t); \quad (4)$$

$$U_{nak} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n(\Omega t) \times \cos k\Omega d(\Omega t); \quad (5)$$

$$U_{nbk} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n(\Omega t) \times \sin k\Omega d(\Omega t); \quad (6)$$

$$U_{nk}^2 = U_{nak}^2 + U_{nbk}^2;$$

$U_{nak}$  и  $U_{nbk}$  – коэффициенты при косинусиальных и синусоидальных составляющих спектра соответственно.

Определяя из  $\sum_{k=2}^{\infty} U_{nk}^2 = \sum_{k=2}^{\infty} (U_{nak}^2 + U_{nbk}^2)$  и подставляя полученное соотношение в (2), получаем

$$k_r = \frac{\sqrt{\left[ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times d(\Omega t) - 0,5 \left[ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times d(\Omega t) \right]^2 \right]^2}}{\sqrt{\left[ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times \cos \Omega t d(\Omega t) \right]^2 + \left[ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times \sin \Omega t d(\Omega t) \right]^2}} - 1. \quad (7)$$

Поскольку изменение длительности импульсов (1) (входное воздействие) является четной функцией, независимо от вида статической характеристики  $U_n(\tau_n)$  зависимость  $U_n(\Omega t)$  является также четной функцией, т. е.  $U_n(\Omega t) = U_n(-\Omega t)$ . Исходя из этого  $U_{nbk}$  [см. (6)] и соотношение (7) упрощается

$$k_r = \frac{\sqrt{\left[ \frac{2}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times d(\Omega t) - 0,5 \left[ \frac{2}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times d(\Omega t) \right]^2 \right]^2}}{\left[ \frac{2}{\pi} \int_0^{2\pi} U_n^2(\Omega t) \times \cos \Omega t d(\Omega t) \right]^2} - 1. \quad (8)$$

Составляющие спектра и  $k_r$  выходного напряжения усилителей класса D можно рассчитать по (4)–(6), (8) [4]. Однако в этом случае требуется выполнить трудоемкую операцию – определить форму выходного напряжения усилителей  $U_n(\Omega t)$  в интервале  $[0, \pi]$  по заданной нелинейной статической характеристике  $U_n(\tau)$  и входному воздействию (1). Кроме того, соотношения (4)–(6), (8) не содержат в явном виде исходную статическую характеристику  $U_n(\tau)$ , что практически неудобно.

С целью получения явной связи между амплитудами спектра, коэффициентом гармоник, уравнением статической характеристики  $U_n(\tau)$  и параметрами воздействия (1) сделаем в (4)–(6), (8) замену переменной интегрирования  $\Omega t$  на  $\tau_n$ , что в соответствии с (1) дает

$$\Omega t = \arccos \left[ \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}} \right]; \quad d(\Omega t) = \frac{d\tau_n}{\tau_{nm} \sqrt{[1 - \tau_{n0} - \tau_n / \tau_{nm}]^2}}.$$

При этом (8) принимает вид

$$k_r = \frac{\sqrt{\left[ \frac{2}{\pi} \int_{(\tau_n)_{\Omega t=0}}^{(\tau_n)_{\Omega t=\pi}} U_n^2(\tau_n) \times \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}^2} \frac{d\tau_n}{\tau_{nm} \sqrt{[1 - \tau_{n0} - \tau_n / \tau_{nm}]^2}} - \left[ \frac{2}{\pi} \int_{(\tau_n)_{\Omega t=0}}^{(\tau_n)_{\Omega t=\pi}} U_n^2(\tau_n) \cos \Omega t \times \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}^2} \frac{d\tau_n}{\tau_{nm} \sqrt{[1 - \tau_{n0} - \tau_n / \tau_{nm}]^2}} \right]^2 \right]^2}}{\left[ \frac{2}{\pi} \int_{(\tau_n)_{\Omega t=0}}^{(\tau_n)_{\Omega t=\pi}} U_n^2(\tau_n) \cos \Omega t \times \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}^2} \frac{d\tau_n}{\tau_{nm} \sqrt{[1 - \tau_{n0} - \tau_n / \tau_{nm}]^2}} \right]^2} - 1. \quad (9)$$

$$\left[ \frac{2}{\pi} \int_{(\tau_n)_{\Omega t=0}}^{(\tau_n)_{\Omega t=\pi}} U_n^2(\tau_n) \times \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}^2} \frac{d\tau_n}{\tau_{nm} \sqrt{[1 - \tau_{n0} - \tau_n / \tau_{nm}]^2}} \right]^2 - 1, \quad (9)$$

где  $(\tau_n)_{\Omega t=0} = \tau_n - \tau_n$ ,  $(\tau_n)_{\Omega t=\pi} = \tau_n + \tau_n$  – пределы интегрирования, соответствуют значениям  $\Omega t=0$  и  $\Omega t=\pi$  в (1).

Уравнение (9) дает точное решение задачи нахождения выходного напряжения усилителя класса D при входном воздействии (1), имеющем подлежащую усилению гармоническую составляющую, причем исходные данные – статическая характеристика  $U_n(\tau_n)$  и параметры входного воздействия  $\tau_{n0}$  и  $\tau_{nm}$  входят в него в явном виде. В общем случае при сложной зависимости  $U_n(\tau_n)$  интегралы, содержащиеся в (9), не сводятся к табличным. Поэтому расчет  $k_r$  целесообразно проводить численным интегрированием составляющих (9).

В некоторых случаях, например при определении требований к характеристике ФНЧ усилителя класса D, необходимо знать амплитуды отдельных спектральных составляющих выходного напряжения. Для этой цели целесообразно сделать в (5) замену переменной. Из (1) найдем

$$\Omega t = \arccos \left[ \frac{\tau_{n0} - \tau_n}{\tau_{nm}} \right] = \arccos Z. \quad (10)$$

Учитывая (10), преобразуем (5) к виду

$$U_{nak} = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 U_n(Z) \cos(k \arccos Z) \frac{dZ}{\sqrt{1-Z^2}} = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 U_n(Z) T_k(Z) dZ; \quad (11)$$

$T_k(Z) = \cos(k \arccos Z)$  – полином Чебышева 1-го рода.

При такой замене переменной (10) пределы интегрирования в (11) постоянны, т. е. не зависят от параметров входного воздействия, что существенно облегчает процедуру численного интегрирования (11).

Практическое решение задачи по анализу искажений формы выходного напряжения модулятора (усилителя) класса D ключевых РПДУ [1] с помощью квадратурной формулы Симпсона [4], показало, что для определения амплитуд гармоник выходного напряжения с точностью до 0,1% необходимо разбить отрезок интегрирования  $[-1; 1]$  в (11) не менее чем на 10000 интервалов.

Таким образом рассмотренный метод определения  $k_r$  и спектра выходного напряжения усилителей класса D наиболее эффективен, когда статическая характеристика устройства задана аналитически. При этом в ряде случаев появляется возможность точного решения задачи путем приведения интегралов в (9) и (11) к табличным; метод может быть распространен на более общие случаи, не относящиеся к усилителям класса D, когда встает задача спектрального анализа и определения искажений на выходе безынерционного нелинейного устройства с заданной статической характеристикой при гармоническом входном воздействии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев В.В., Толстоусов А.А. Методы повышения эффективности и принципы построения связанных радиопередающих устройств гражданского и военно-морского флота // Морской вестник. – 2015. – №1 (53).
2. Артым А.Д., Козин Е.В., Николаев В.В. и др. Методы повышения эффективности мощных радиопередающих устройств. – М.: Радио и связь, 1989.
3. Бруевич А.М., Евтянов С.И. Аппроксимация нелинейных характеристик и спектры при гармоническом воздействии. – М.: Советское радио, 1965.
4. Шун Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. – М.: Мир, 1992. ■



**Н**а основе оценки функционирования систем навигационно-гидрографического обеспечения, мониторинга и контроля судоходства, а также направлений их развития обоснована необходимость разработки комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания.

Одним из элементов общей безопасности морской деятельности является навигационная безопасность плавания (НБП) судов, которая в настоящее время достигается благодаря функционированию систем навигационно-гидрографического обеспечения (НГО), мониторинга и контроля судоходства и др.

Однако указанные системы обладают рядом недостатков, поэтому представляется актуальным разработать концепцию создания и развития комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания (КСОНБП) как системы взглядов, основанной на комплексном подходе и учитывающей современное состояние и мировые тенденции в этой предметной области.

По мнению авторов, КСОНБП могла бы содержать следующие положения.

### **СУТЬ КОНЦЕПЦИИ И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕЕ СОЗДАНИЯ**

Концепция должна представлять собой систему взглядов на цели, задачи и основные мероприятия по созданию и развитию комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания, соответствующей современным требованиям со стороны предприятий и организаций, участвующих в морской деятельности, а также морских потребителей навигационной информации. *Под навигационной безопасностью плавания* понимается состояние процесса судовождения, при котором отсутствует недопустимый риск появления навигационных аварийных случаев с судном. Она предусматривает комплекс организационных и организационно-технических мероприятий в системе НГО мореплавания и контроля судоходства. Необходимость разработки концепции обусловлена несовершенством существующей системы НГО и отсутствием единого подхода к организации, техническому и информационному обеспечению навигационной безопасности плавания.

Концепция должна опираться на основные решения органов государственной власти, касающиеся Мирового океана, основными из которых являются:

– Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года (утверждена распоряжением

## **О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ**

*П.И. Малеев, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник,  
П.Г. Бродский, д-р воен. наук, проф.,  
начальник Центра инновационных исследований,  
В.Ю. Бахмутов, канд. воен. наук, начальник отдела,  
Е.И. Руденко, канд. техн. наук, зам. начальника  
Центра инновационных исследований,  
ОАО «ГНИНГИ»,  
контакт. тел. (812) 327 9980*

Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. № 2205-р);

– Морская доктрина Российской Федерации до 2030 года (утверждена Президентом РФ 16.07.2016 г.);

– Концепция федеральной целевой программы «Мировой океан» на 2016–2031 годы (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 июня 2015 г. № 1143-р);

– Решения Морской Коллегии при Правительстве Российской Федерации от 20 января 2006 г., 21 декабря 2009 г. № 1 (17), 6 июля 2011 г. № 2 (16), 24 апреля 2012 г. № 1 (17), 28 сентября 2012 г. № 2 (18), 4 декабря 2012 г. № 1 (22);

– Решение Правительства Российской Федерации от 28 августа 2012 г. № РД-П4–5047 по навигационно-гидрографическому обеспечению мореплавания.

В сферу государственных интересов РФ в Мировом океане входят:

– обеспечение гарантированного доступа РФ к ресурсам и пространствам Мирового океана, исключение дискриминационных действий в отношении ее со стороны отдельных государств или военно-политических блоков;

– недопущение доминирования каких-либо государств или военно-политических блоков в пространствах Мирового океана, имеющих важное значение для реализации государственных интересов РФ, особенно в прилегающих морях;

– обеспечение эффективного и безопасного функционирования водных транспортных коммуникаций;

– освоение и рациональное использование природных ресурсов Мирового океана в целях социально-экономического развития страны;

– обеспечение выгодных РФ условий для участия в международном разделении труда на рынке товаров и услуг;

– поддержание необходимого научно-технического, промышленного и кадрового потенциала, обеспечивающего морскую деятельность.

Основными потребителями навигационно-гидрографической информации являются министерства, ведомства и организации, деятельность которых связана с мореплаванием, научными исследованиями и освоением ресурсов континентального шельфа, включая Министерство транспорта, Министерство обороны, Росгидромет, Министерство природных ресурсов, Госкомрыболовство, Роскартографию, Российское космическое агентство, ФСБ, МЧС России, Минэкономики России, Российскую академию наук, коммерческие предприятия, в том числе ПАО «Газпром», ОАО НК «Роснефть» и др.

В соответствии с «Морской доктриной Российской Федерации на период до 2030 года» основными функциональными направлениями национальной морской политики являются:

1. Деятельность в области водного транспорта.

2. Освоение и сохранение ресурсов Мирового океана, включающее:

– морское рыболовство;

– деятельность по освоению морских минеральных и энергетических ресурсов;

– функционирование морских трубопроводов.

3. Проведение морских научных исследований.

4. Военно-морская деятельность.

Повышение значимости обеспечения безопасности плавания в этих функциональных областях связано с возрастанием количества водных транспортных путей и интенсивности их использования, а также со структурной перестройкой экономики России, характеризующейся изменением баланса между экономическими направлениями ее развития, возрастанием

танием роли и повышением интенсивности морской деятельности прежде всего в арктическом и восточном районах.

Обеспечение навигационной безопасности плавания – необходимое условие охраны жизни на море и морской среды от загрязнения. Навигационные ошибки и промахи в управлении судами до сих пор приводят к человеческим жертвам, к материальному ущербу и экологическим катастрофам. В морях ежегодно гибнет около 300 судов, что составляет 0,4% от общего количества судов мирового флота. При этом на навигационные происшествия из всех аварийных случаев приходится около 50%.

Системы и средства, обеспечивающие навигационную безопасность плавания (НБП), в настоящее время находятся в ведении различных ведомств РФ, зачастую не взаимосвязаны между собой и не имеют единого подхода к управлению, функционированию и развитию. Сложившаяся ситуация не позволяет оперативно и эффективно решать задачи НБП, что повышает риски морской деятельности и может привести к ущербу.

Учитывая сказанное, а также значительное влияние морской деятельности на экономическое развитие страны и ее безопасность, разработка комплексной системы обеспечения навигационной безопасности с применением современных информационных технологий становится особенно актуальной.

## **ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ**

Навигационная безопасность плавания в России обеспечивается:

- корабельными (судовыми) системами и средствами судовождения;
- глобальными и региональными системами НГО, мониторинга и контроля судоходства, функционирующими совместно с системами морской связи;
- проведением организационных мероприятий, направленных на создание благоприятной навигационной обстановки.

Для исключения навигационных ошибок на судах реализуется комплекс мер, к которым следует отнести:

- профессиональную подготовку судоводителей с учетом положений Кон-венции ПДМНВ-78/95;
- поддержание исправного состояния технических средств навигации и связи;
- наличие необходимого комплекта откорректированных навигацион-

ных карт, руководств и пособий для плавания;

- знание и учет судоводителем навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий плавания;

- четкую организацию и выполнение процедур несения ходовой вахты;

- строгое выполнение правил плавания и международных правил предупреждения столкновения судов;

- непрерывный контроль местоположения судна.

НБП обеспечивается, кроме того, применением глобальных и региональных систем НГО, мониторинга и контроля судоходства, морской связи, основными из которых являются:

- система установленных путей движения судов (УПДС);

- службы управления движением судов (СУДС): портовые, региональные (РСУДС);

- автоматические идентификационные системы (АИС);

- глобальная автоматизированная система мониторинга судов (СМС «Виктория»);

- отраслевая система мониторинга (ОСМ) водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля деятельности промысловых судов;

- космические навигационные системы GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО и их дифференциальные подсистемы;

- спутниковая система поиска и спасения (КОСПАС–САРСАТ);

- система дальней идентификации и слежения за судами (СДИ);

- глобальная морская система связи при бедствии и спасании (ГМССБ);

- система судовых сообщений;

- система дальней идентификации и слежения за судами (СДИ);

- Всемирная служба навигационных предупреждений

- система извещений мореплавателям;

- международная спутниковая система морской связи ИНМАРСАТ;

- система правил плавания и другие нормативно-правовые акты, регулирующие мореплавание.

## **СОСТОЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ В РОССИИ**

Система НГО и контроля судоходства РФ предназначена для создания и поддержания благоприятных навигационно-гидрографических условий для изучения, освоения и использования Мирового океана в интересах безопасности плавания, устойчивого экономического развития страны.

Цель НГО морской деятельности РФ заключается в обеспечении тре-

буемых уровней навигационной безопасности плавания и эффективности применения военной составляющей морского потенциала России путем создания и поддержания во внутренних морских водах, в территориальном море, экономической зоне, на континентальном шельфе РФ и при необходимости в других океанских районах и морских зонах благоприятной в навигационно-гидрографическом отношении обстановки, надежно обеспечивающей эффективное изучение, освоение и использование Мирового океана в интересах безопасности, устойчивого экономического и социального развития государства, а также в предоставлении национальным и международным субъектам НГО полного спектра качественных и конкурентоспособных навигационно-гидрографических услуг.

НГО включает в себя: съемку физических полей морских акваторий, формирование данных об их состоянии, составление карт, пособий, банков данных по параметрам среды Мирового океана и других информационных материалов для снабжения потребителей, создание и развитие средств навигационного оборудования океанских и морских акваторий, обеспечение их функционирования, организацию сбора данных о фактической навигационной обстановке и прогнозирования ее развития на различные сроки, доведение прогнозистических данных до конечных потребителей, создание технических средств НГО, оснащение ими кораблей и судов различного предназначения, береговых подразделений гидрографической службы, организацию эксплуатации и ремонта этих средств.

НГО – система двойного (военного и гражданского) назначения, позволяющая в мирное время согласованно выполнять задачи в сферах экономической деятельности, безопасности и подготовки страны к обороне, а в военное время – выполнение задач в интересах обороны страны.

Структуру системы НГО морской деятельности РФ составляют национальные, международные, функциональные и естественные объекты НГО.

Система НГО взаимодействует с системами:

- гидрометеорологического обеспечения (ГМО);

- поиска и спасания на море (ПСО);

- защиты и сохранения морской среды;

- контроля выполнения классификационных требований, входящих в Государственную систему обеспечения морской деятельности РФ.



В соответствии с действующей нормативной правовой базой Российской Федерации ответственность за НГО мореплавания разделена между федеральными органами исполнительной власти следующим образом:

- НГО морских путей, за исключением трасс Северного морского пути и морских путей в акваториях морских портов и на подходах к ним, осуществляется Министерством обороны;

- НГО на трассах Северного морского пути, в акваториях морских портов и на подходах к ним осуществляется Министерством транспорта.

Такое распределение функции федеральных органов исполнительной власти в сфере НГО морской деятельности не позволяют осуществлять эффективное НГО, поскольку:

- не определен федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере НГО мореплавания и безопасности;

- не определена федеральная служба, осуществляющая надзор в области НГО мореплавания;

- функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом и правоприменительные функции в сфере НГО выполняют Министерство обороны (Управление навигации и океанографии) и Федеральное агентство морского и речного транспорта (ФГУП «Росморпорт» и ФГУП «Гидрографическое предприятие») в зонах своей ответственности. При этом Управление навигации и океанографии Минобороны РФ (Гидрографическая служба ВМФ) не имеет необходимого юридического статуса для осуществления функций контроля и надзора, а также оказания государственных навигационно-гидрографических услуг, а ФГУП «Росморпорт» – законодательной основы для осуществляемой им деятельности в сфере НГО морских портов.

Следствием несовершенства нормативной правовой базы НГО морской деятельности РФ является:

- дублирование функций министерств, что влечет за собой накопление проти-воречий в ведомственных нормативных документах;

- недопустимое *затягивание* практической *реализации* важного положения «Морской доктрины Российской Федерации» о *создании единой государственной гидрографической службы*;

- неэффективное использование ресурсов, привлекаемых по ведомственным планам и программам к решению задач навигационного обеспечения безопасности плавания;

- отсутствие единого порядка финансового обеспечения работ по развитию системы НГО, как за счет федерального бюджета (отсутствие отдельной строки финансирования), так и за счет внебюджетных средств.

Сложившаяся ситуация привела к следующему:

- неудовлетворительному состоянию изученности районов плавания судов;

- сокращению объемов исследований морских и океанских зон;

- отставанию от современных потребностей пользователей, как по оперативности, так и по качеству, выпуска (издания) новых и корректуры действующих морских навигационных карт, руководств, пособий для плавания;

- утрате и моральному устареванию материальных баз ведомственных гидро-графических служб, отвечающих за навигационную безопасность мореплавания;

- формальному существованию единого государственного картографо-геодезического фонда по выполненным гидрографическим работам;

- неудовлетворительной работе системы сбора информации о навигационной обстановке и отсутствию у этой системы необходимой степени оперативности;

- отсутствию единой, приведенной на уровень мировых стандартов, нормативно-технической документации, позволяющей регулировать отношения и осуществлять должный контроль качества и полноты гидрографических работ, выполняемых сторонними, в том числе коммерческими, организациями.

Существующее распределение ответственности между федеральными органами исполнительной власти в области НГО не обеспечивает:

- *реализацию НГО как системы* навигационного обеспечения безопасности плавания;

- *единства технической политики* в создании и совершенствовании систем и средств НГО;

- единства технологии разработки морских карт и их оцифровки;

- реализации *единого информационного пространства* в области НГО на основе современных информационных технологий;

- *автоматизированного взаимодействия* с другими системами обеспечения безопасности морской деятельности, а также с автоматизированными системами федеральных органов исполнительной власти.

В связи с безусловной необходимостью и востребованностью услуг в области обеспечения безопасности

плавания отношения в этой сфере деятельности *формируются* в большей степени *стихийно «снизу»*. Сформировалась целая сеть предприятий и коммерческих организаций, оказывающих услуги в области НГО морской деятельности. Среди этих услуг наибольшее развитие получили проведение гидрографических исследований и работ, строительство и эксплуатация объектов, изготовление и поставка средств навигационного оборудования (СНО), производство и поставка морских навигационных карт и пособий для плавания.

Новое морское оборудование в России внедряется в значительной степени спонтанно. Эксплуатационные стандарты на новые виды морской техники разрабатываются, как правило, по инициативе промышленности. При этом форсированное внедрение новшеств на практике почти всегда мотивировано усилением контрольных функций, примерами являются ГМССБ, АИС, Система дальней идентификации и контроля местоположения судов и др.

Развитие системы НГО в России тесно связано с международными решениями в этой области. Вместе с тем средний цикл разработки стандарта ИМО, включая методы его тестирования, составляет пять-шесть лет, а для сложных систем типа ECDIS (Electronic Chart Display and Information System, Электронно-картографическая навигационно-информационная система), требующих создания мировой базы данных электронных карт, инфраструктуры поддержания их актуальности и доставки потребителям, превысил 15 лет.

Одной из важных задач навигационного обеспечения плавания является *разработка цифровой навигационной информации*, в первую очередь электронных навигационных карт. Сегодня электронные карты в большинстве своем созданы на основе гидрографических съемок XX в. Например, в коллекции Британского Адмиралтейства более 500 карт, для которых невозможно определить геодезическую систему координат. Срок доведения навигационной информации до судоводителей через «Извещения мореплавателям» составляет в среднем по миру около двух месяцев с момента, когда она стала известна гидрографической службе, а файлы корректуры электронных карт создаются на основе «Извещений мореплавателям» и, следовательно, не повышают оперативность обновления навигационной информации.

Карты различных масштабов часто не гармонизированы между собой

и не согласованы в пределах масштабного ряда. Адекватность покрытия (наличие официальных электронных карт необходимого масштаба) отдельных районов Мирового океана пока недостаточна для полного отказа от бумажных карт. Существующие стандарты не предусматривают индикации точности прокладки места судна на электронной карте с учетом точности самой карты, в связи с этим большинство судоводителей передоверяют информации, отображенной на экране.

Один из парадоксов современной морской техники: при жестких требованиях к механической прочности и устойчивости к воздействию среды практически не контролируется надежность программного обеспечения. Программное обеспечение систем проверяется только на правильность выполнения функций, заявленных производителем. При этом никак не контролируется надежность продолжительного функционирования программного обеспечения при различных комбинациях значений атрибутов, что не позволяет сделать обоснованное заключение о потенциальной надежности всей системы.

Тренд развития технологии навигации и навигационной техники связан со все возрастающим использованием различной навигационной информации в цифровом формате. Более того, решение задач оптимизации морских перевозок при одновременном повышении безопасности судоходства невозможно без автоматизации обработки значительных массивов динамичной информации, что предполагает кардинальное изменение в НГО. Выбор модели данных, стандартизация форматов и протоколов передачи информации приобретают ключевое значение для обеспечения навигационной безопасности плавания как операторов флота, так и всех служб обеспечения судоходства.

Глобальная автоматизированная система мониторинга и контроля местоположения российских морских и смешанного (река-море) плавания судов (СМС «Виктория») разработана и введена в эксплуатацию в соответствии с приказом Минтранса России от 17.07.2000 г. № 74. В системе для мониторинга судов используется отечественная береговая земная станция (БЗС) «Инмарсат-С», расположенная в технологическом центре «Нудоль» (Московская область) и введенная в эксплуатацию в апреле 2002 г. Вместе с тем не все российские суда зарегистрированы в системе.

Для мониторинга судов и контроля судоходства в прибрежных районах Мин-трансом России используются Региональные службы управления судов (РСУДС), созданные в соответствии с положениями Конвенции СОЛАС, и береговые станции автоматической идентификационной системы (АИС). В России функционируют СУДС в портах Приморск, Мурманск, Архангельск, Балтийск, Новороссийск, Порт Кавказ, Темрюк и РСУДС в акваториях Финского залива г. Санкт-Петербург, залива Петра Великого в г. Находка и г. Владивосток.

Большинство указанных выше систем корректно выполняют возложенные на них функции и обеспечивают решение специфических задач. Однако уровень их взаимодействия друг с другом и другими информационными системами в регионе остается недостаточным. Разработка СУДС и РСУДС велась большим количеством различных компаний («Транзас», «МКиС» (Россия), «Аления» (Италия), «Равенство» (Россия), «Норконтроль» (Норвегия), «Верес» (Россия), «Атлас Электроник» (Германия), «Скантер» (Дания), «Рэйтеон» (США), которые применяли при их разработке различные информационные технологии. Разработка таких систем не основана на единых стандартах и базовых технологиях, что стало причиной их несовместимости с другими системами в области обеспечения навигационной безопасности плавания и уязвимости от сторонних воздействий.

Кроме этого, в настоящее время не реализуется автоматизированное взаимодействие существующих систем контроля безопасности судоходства и обеспечения безопасности мореплавания с региональными информационно-аналитическими центрами ВМФ на морских театрах, создаваемыми в рамках федеральной целевой программы «Мировой океан» в интересах реализации единого информационного пространства объектовой обстановки.

Отдавая должное существенному развитию систем обеспечения безопасности мореплавания в отдельных взятых портах, регионах или сферах деятельности, необходимо отметить недостаточную скоординированность проектов даже одного уровня. Различия в исходной информации зачастую не позволяют унифицировать одни те же данные. Это свидетельствует об отсутствии комплексного системного подхода к созданию технических систем обеспечения контроля безопасности судоходства и безопасности мореплавания и явля-

ется следствием отсутствия координирующего органа в структуре федеральных органов исполнительной власти. Существующее положение в данной области затрудняет создание и функционирование единой государственной глобальной автоматизированной системы мониторинга и контроля за местоположением российских судов и наблюдения за обстановкой в Мировом океане в соответствии с требованиями «Морской доктрины Российской Федерации», создает трудности реализации единого информационного пространства сферы навигационного обеспечения безопасности плавания.

## **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ**

Создание и развитие комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания (КСОНБП), по нашему мнению, должно основываться на следующих основных принципах:

- с и с т е м н о с т и, предусматривающий создание КСОНБП как иерархической совокупности взаимосвязанных ее подсистем федерального, регионального и объектового уровней, включающих в себя на каждом уровне системно организованные совокупности органов управления, объектов обеспечения навигационной безопасности плавания (ОНБП) соответствующего уровня управления, объединяемых в КСОНБП систем НГО, мониторинга и контроля судоходства;

- ц е н т р а л и з а ц и и координирования создания и развития КСОНБП. Данный принцип предусматривает наличие федерального органа исполнительной власти, осуществляющего координацию деятельности органов исполнительной власти и организаций, участвующих в этом процессе;

- с т р у к т у р н о с т и предусматривает наличие в КСОНБП подсистем федерального, регионального и объектового уровней;

- э т а п н о с т и, подразумевающий поэтапное создание и развитие системы;

- с т а н д а р т и з а ц и и и унификации решений в создании и развитии КСОНБП, предусматривающий применение унифицированных комплексов средств, единых базовых защищенных информационных технологий, единых стандартов, информационного обеспечения, моделей и форматов данных;

- п р е м с т в е н н о с т и, предусматривающий учёт решений, реализо-



ванных в существующих средствах и системах, объединяемых в КСОНБП;

- сетцентричности, состоящий в реализации сетевой инфраструктуры;

- взаимодействия, предусматривающий реализацию при создании и развитии КСОНБП автоматизированного взаимодействия с автоматизированными системами обеспечения безопасности морской деятельности, органов исполнительной власти федерального и регионального уровней.

### **ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ КСОНБП**

Создание КСОНБП предусматривает решение комплекса задач в организационной, научно-технической и нормативно-правовой областях.

Основной задачей в организационной области является определение *федерального органа управления*, являющегося координатором мероприятий в области обеспечения навигационной безопасности плавания.

Основными функциями такого органа могут быть:

- формирование единой технической политики в создании и развитии КСОНБП;

- формирование направлений развития КСОНБП в соответствии с задачами развития морской деятельности страны и потребностями национальной обороны;

- взаимодействие с другими федеральными органами исполнительной власти России по вопросам создания, развития и функционирования КСОНБП;

- подготовка предложений по совершенствованию КСОНБП, требующих решения Президента и Правительства РФ и для рассмотрения на Морской Коллегии при правительстве РФ;

- формирование задач органам оперативного управления КСОНБП федерального и регионального уровней;

- формирование *межведомственных органов оперативного управления* обеспечением навигационной безопасности плавания на *федеральном и региональном уровнях* и определение их статуса.

Такими органами управления могут быть национальный и региональные центры соответствующего предназначения.

Основными функциями органов оперативного управления на соответствующем уровне могут быть:

- сбор, обработка, анализ данных обстановки в области обеспечением навигационной безопасности плавания;

- реализация единой технической политики в развитии систем и средств КСОНБП и разработка предложений федеральному органу–координатору предложений по её совершенствованию;

- контроль готовности и возможностей систем и средств КСОНБП;

- планирование на календарный срок мероприятий по обеспечению навигационной безопасности плавания и контроль их выполнения;

- организация и контроль подготовки органов управления и служб в КСОНБП;

- организация взаимодействия с органами управления систем гидрометеорологического обеспечения (ГМО), поисково-спасательного обеспечения (ПСО), чрезвычайных ситуаций, ФСБ, МВД и других заинтересованных в обеспечении навигационной безопасности плавания.

Основными задачами в научно-технической области являются:

- разработка интегрированной автоматизированной системы обеспечения навигационной безопасности плавания (ИАС ОНБП) сетевой топологии, объединяющей в сети объекты КСОНБП федерального, регионального и объектового уровней;

- разработка унифицированных комплексов средств автоматизации для автоматизируемых объектов КСОНБП;

- разработка решений по системе обмена данными в сети ИАС ОНБП;

- разработка специального программного обеспечения автоматизации функциональной деятельности органов управления;

- обеспечение автоматизированного взаимодействия со всеми организациями, заинтересованными в обеспечении навигационной безопасности плавания;

- создание единого информационного пространства ОНБП в сетевой инфраструктуре, формирование банков и баз данных и информационных ресурсов, относящихся к области ОНБП, и обеспечение регламентированного доступа к ним судоводите-

лей и органов управления различных уровней КСОНБП.

Основными задачами в нормативно-правовой области являются разработка технических регламентов, положений, инструкций, наставлений, нормативов и других руководящих документов в обеспечении функционирования КСОНБП;

Решение задач создания КСОНБП требует участия многих федеральных органов исполнительной власти и возможно только путем реализации основных положений Концепции в рамках целевой программы.

### **ВЫВОДЫ**

1. Навигационно-гидрографическое обеспечение безопасности плавания, а также мониторинг и контроль безопасности судоходства осуществляются различными федеральными органами исполнительной власти, что не обеспечивает их целостности.

2. В развитии средств и систем обеспечения безопасности плавания преобладает инициатива «снизу» при недостаточной координации «сверху».

3. Системы НГО и контроля судоходства функционально взаимосвязаны между собой, при этом не образуют систему навигационного обеспечения безопасности плавания в целом.

4. Развитие систем не обеспечено единым руководством соответствующих органов исполнительной власти как на федеральном, так и на региональном уровнях.

5. Техническая политика в области обеспечения навигационной безопасности плавания не ориентирована на современные технологии и отечественные «ноу-хау», позволяющие поднять решение проблемы на должный уровень.

6. Состояние систем не соответствует требованиям «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2030 года».

7. Существующий уровень развития отдельных составляющих обеспечения навигационной безопасности плавания в РФ и проблемы в этой области, свидетельствуют о необходимости реализации комплексного подхода к их развитию на основе системных решений в организационной, технической и нормативно-правовой областях. ■

В соответствии с Конвенцией Международной организации труда (МОТ) 2006 г. «О труде в морском судоходстве», которая ратифицирована Российской Федерацией (ФЗ № 56 от 12 июня 2012 г.), «каждое государство-член МОТ обеспечивает, чтобы на всех моряков на судах, плавающих под его флагом, распространялись надлежащие меры охраны их здоровья и чтобы они имели доступ к безотлагательному и надлежащему медицинскому обслуживанию во время работы на борту судна» (Правило 4.1). Согласно данной конвенции, «компетентный орган обеспечивает с помощью заранее созданной системы, предоставление медицинских консультаций по радио или по спутниковой связи, включая консультации специалистов, судам в море круглосуточно; медицинские консультации, включая передачу медицинских сообщений по радио или по спутниковой связи между судном и консультантами на берегу, бесплатно для всех судов, независимо от того, под каким флагом они плавают» (Стандарт А4.1.4 d). Данное требование обязательно для выполнения Российской Федерацией. Конвенция МОТ 2006 г. также рекомендует, чтобы «все суда имели полный и постоянно обновляемый список радиостанций, с помощью которых можно получить медицинскую консультацию; а суда, оборудованные системой спутниковой связи, имели полный и постоянно обновляемый список береговых земных станций, с помощью которых можно получить медицинскую консультацию. Моряки, отвечающие на борту судна за медицинское обслуживание или за оказание первой медицинской помощи, должны быть обучены пользованию Международным руководством по судовой медицине (3-е изд.) и медицинским разделом самого последнего издания Международного свода сигналов, с тем, чтобы они могли понимать, какого рода информация нужна консультирующему врачу, а также получаемые от него заключения» (Руководящий принцип В 4.1.6).



## МОРСКИЕ МЕДИЦИНСКИЕ КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЖИВАНИЯ ПЛАВСОСТАВА МОРСКИХ СУДОВ

**Е.В. Казакевич**, д-р мед. наук, проф., директор,  
**В.Л. Архиповский**, канд. мед. наук, зам. директора  
по поликлинической работе, ФГБУЗ Северный медицинский клинический  
центр им. Н.А. Семашко ФМБА России, Архангельск,  
**О.К. Бумай**, канд. мед. наук, доцент, зам. директора  
ФГУП НИИ промышленной и морской медицины, Санкт-Петербург,  
контакт. тел. +7 (911) 821 2054

Большинство катастроф на судах связаны с «человеческим фактором», который напрямую зависит от психического и физического здоровья членов экипажа. В настоящее время существует тенденция рассматривать медицинскую помощь на море как составную часть спасения человеческих жизней. Международная конвенция по поиску и спасанию на море 1979 г. (SAR-79) предусматривает предоставление службой поиска и спасения медицинских консультаций, оказание первичной медицинской помощи на судах и эвакуацию пострадавших. Положение дел с эвакуацией моряков по медицинским показаниям с борта судна в Российской Федерации рассматривалось нами ранее [Морской вестник, 2015, № 1 (53)].

В соответствии с Циркулярным письмом Комитета по безопасности на море Международной морской организации (ИМО) № 960 от 25.05.2000 г. «Медицинская помощь на море» (одобрено 72-й сессией ИМО) обеспечение надежной связи с судном и проведение медицинских консультаций является жизненно важным для сохранения здоровья членов экипажей и безопасности мореплавания. Данным циркуляром рекомендовано государствам-членам ИМО и участникам морских перевозок создать Морской медицинский консультационный центр (далее – ММКЦ). Наличие такого центра в системе медицинской помощи на море имеет большое значение, поскольку дает возможность преодолеть изоляцию от внешнего мира как пострадавшего (больного или раненого), так и капитана, ответственного за оказание ему помощи, позволяет, насколько это возможно, избежать необходимости эвакуации пострадавшего, которая, хотя и бывает иногда важной, является по существу опасной и дорогостоящей. Кроме того, центр позволяет также оказывать спасательно-координационным центрам, которые чаще первыми выходят на контакт с капитаном судна в трудной ситуации, помощь в приня-

тии соответствующего решения. При этом ММКЦ должен быть официально назначен компетентной властью соответствующего государства. Важно, чтобы штат ММКЦ был укомплектован квалифицированными врачами, владеющими английским языком и, имеющими опыт консультирования по радио и сведущих в том, что касается особенностей лечения и оказания медицинской помощи на судах. Моряки на борту судна, запрашивающие медицинскую консультацию по радио или по спутниковой связи, как уже сказано, должны быть обучены пользованию Международным руководством по судовой медицине и медицинским разделом самого последнего издания Международного свода сигналов, опубликованного ИМО. Командный состав флота получает навыки проведения дистанционных медицинских консультаций в период медицинской подготовки в учебно-тренижерных центрах по программе ИМО 1.15 «Медицинский уход за больными и пострадавшими». Данная программа разработана для лиц, ответственных за оказание медицинской помощи на судах, не имеющих судового врача.

Средствами связи ММКЦ являются радио- и телефонная связь, текстовые сообщения по системе Инмарсат-С, факсимильная связь, цифровая передача данных. Современные средства разговорной связи (радиосвязь, мобильная телефонная связь) обеспечивают свободный диалог между врачом на берегу и лицом, ответственным за оказание медицинской помощи на борту (иногда с самим пациентом). Живое человеческое общение, особенно на родном языке, может сыграть решающую роль во время медицинской консультации на море. В то же время устная передача информации через каналы радио- и телефонной связи не всегда позволяет в полной мере объективно оценить состояние здоровья моряка на борту судна. Это может привести к непреднамеренной диагности-



ческой ошибке, неправильному выбору лечения и угрожать здоровью моряка. Одним из путей решения данной проблемы может быть дистанционная диагностика через телемедицинские каналы связи, которые обеспечивают врачей-специалистов на берегу дополнительной, прежде всего визуальной, информацией о больном. Судно – автономный и удаленный объект, на котором находятся люди, выполняющие тяжелую и напряженную работу в экстремальных условиях. Медицинская эвакуация больного или пострадавшего с борта судна на берег часто технически затруднена из-за удаленности судна и требует дополнительной затрат при внеплановом заходе в порт. Телемедицинские каналы связи позволяют существенно улучшить качество медицинских консультаций, а значит, избежать возможных ошибок при решении вопросов о медицинской эвакуации. Несмотря на неоспоримые преимущества телемедицинских консультаций, внедрение их в практику затруднено из-за расходов на приобретение телемедицинских комплексов.

В нашей стране до настоящего времени не созданы ММКЦ, и российские моряки вынуждены обращаться за медицинскими консультациями в международные консультационные центры или в медицинские организации в порту приписки судна. Представляется целесообразным создаваемые ММКЦ, интегрировать в «Морскую спасательную службу Росморречфлота» и прежде всего в ее морские спасательно-координационные центры. В настоящее время в Российской Федерации функционируют семь морских спасательно-координационных центров и шесть морских спасательно-координационных подцентров на морских бассейнах.

По нашему мнению, в первую очередь должны быть созданы региональные ММКЦ: Арктический, Дальневосточный и Южный на базе окружных медицинских центров ФМБА России, имеющих опыт медицинского обслуживания плавсостава. Эти центры должны работать в круглосуточном режиме и быть доступны для судов в любой точке Мирового океана. Важно, чтобы они могли оказывать консультативную помощь

экипажам судов всех судоходных компаний, базирующихся в регионе. ММКЦ предоставляет единый контактный адрес для всех судов, что позволит увеличить количество медицинских консультаций, а значит, повысить востребованность и эффективность работы ММКЦ, которая будет организована без значительных затрат на базе уже существующих медицинских организаций.

ФГБУЗ Северный медицинский центр им. Н. А. Семашко ФМБА России (далее – СМКЦ), расположенный в порту Архангельска, вот уже более 90 лет оказывает медицинскую помощь плавсоставу предприятий водного транспорта. В СМКЦ накоплен большой опыт медицинского обслуживания экипажей судов дальнего плавания, входящих в такие значимые для региона организации, как ОАО «Северное морское пароходство», ОАО «Архангельский траловый флот» и др.

Север, как известно, – ворота в Арктику, отсюда осуществляются «северный завоз» и транспортные перевозки по Северному морскому пути. Более 5 тыс. моряков северного бассейна работают в международных морских рейсах и нуждаются в постоянном медицинском сопровождении.

Медицинские консультации на море осуществляет дежурная служба СМКЦ в любое время суток. К этим консультациям привлекаются дежурные врачи по стационару: хирург, терапевт, невролог и др. Контактный телефон приемного отделения СМКЦ доступен для судов круглосуточно и предоставлен в системе управления безопасности судов (СУБ) судоходных компаний. Все консультации регистрируются в Журнале учета медицинских консультаций на море. Записи ведутся в хронологическом порядке. Специалистами СМКЦ разработан протокол проведения медицинских консультаций. В отдельных случаях, обычно в дневное время, консультации также проводят цеховые врачи-терапевты поликлиники, в которой моряки наблюдаются в межрейсовый период. С 2009 по 2014 г. проведено 226 медицинских консультаций, в том числе терапевтом – 107, хирургом – 85, неврологом – 11, урологом – 9, отоларингологом – 6, травматологом – 4,

акушер-гинекологом – 2, реаниматологом – 1, стоматологом – 1. В структуре обращений за медицинскими консультациями на первом ранговом месте находятся травмы, на втором – заболевания желудочно-кишечного тракта, а на третьем – сердечно-сосудистые заболевания и мочекаменная болезнь.

В последние годы наблюдается оживление судоходства по трассе Северного морского пути. Увеличение перевозок грузов морским путем связано со строительством порта Сабетта на Ямале, нефтедобычей на платформе Приразломная в Печорском море, а также возвращением воинских частей на северные рубежи страны для защиты национальных интересов в Арктике. В ближайшее время Правительством РФ планируется интенсивное освоение месторождений нефти и газа на шельфе северных морей. С учетом климато-географических особенностей Арктики, ее огромных расстояний, удаленностью от береговой инфраструктуры, практически отсутствием медицинских учреждений на побережье вдоль трассы Северного морского пути значение медицинских консультаций будет только возрастать. Кроме того, на судах, осуществляющих грузовые перевозки на Севере, нет судового медицинского персонала, за исключением атомных ледоколов.

В связи с вышеизложенным целесообразно организовать Арктический морской медицинский консультационный центр на базе СМКЦ и законодательно оформить его права и обязанности, как это требуют международные соглашения Российской Федерации. Основными задачами такого центра должны быть оказание экстренных медицинских консультаций; разработка маршрутов медицинской эвакуации больных и (или) пострадавших на судне; взаимодействие с береговыми спасательно-координационными службами; международное сотрудничество в области морской медицины и безопасности мореплавания.

Создание и функционирование Арктического морского медицинского консультационного центра возможно только при поддержке государства и судоходных компаний. ■

**Н**аучно-производственное предприятие «Респиратор» имеет уникальную историю развития. Завод создан в период становления советской промышленности в 1932 г. и стал первым и на долгие годы единственным в России предприятием по производству дыхательного спасательного оборудования. Первоначально с помощью немецких специалистов здесь выпускали дыхательные аппараты для горноспасателей, позже был налажен выпуск медицинской техники, в последующие годы в номенклатуру продукции завода прибавились аппараты для авиации и флота. В 1957 г. на «Респираторе» был изготовлен первый отечественный акваланг. До сих пор хранит предприятие память о первом испытателе акваланга АВМ-1 Ольге Трофимовне Жуковой, кандидате медицинских наук, члене Союза журналистов России.

Морская тематика наиболее ярко и эффективно проявилась в годы возрождения предприятия после перестроечных событий, когда «Респиратор» едва не прекратил свое существование и мог остаться легендой. Генеральный директор предприятия А. А. Брызгалин тогда принял решение из серийного производителя создать научно-производственное предприятие с КБ, работающим по четырем перспективным направлениям – техника для авиации, ВМФ, МЧС и медицина. Создание техники для обеспечения нормальной жизнедеятельности человека в непригодной или затрудненной для дыхания среде остается всегда актуальной сферой деятельности, причем на «Респираторе» накоплен богатый опыт в этой области. В 2000-е гг. на предприятии появился типоряд дыхательных аппаратов для водолазов, подводников, причем широкого спектра назначения – от спасательных до судоремонтных работ. Сегодня у «Респиратора», входящего в состав холдинга «Технодинамика», появились новые возможности для реализации техники и разработки новых проектов.

«Снаряжение для погружений – одно из важных направлений для холдинга, в перспективе мы рассчитываем занять около 10% российского рынка регуляторов для подводного плавания, – говорит глава холдинга «Технодинамика» Максим Кузюк. – Кроме того, сейчас наша аппаратура испытывается профессионалами-подводниками в экстремальных условиях Крайнего Севера, что подтверждает ее высокую надежность».

В числе перспективных изделий для погружений – три разработки предприятия. Компактный аппарат ШАП-Р (аналогов в стране нет) предназначен для использования в шланговом варианте и для экстренных всплытий. Он способен работать в условиях сильных загрязнений, что позволяет вести спасательные

## ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ВОДОЛАЗНОЙ ТЕХНИКИ НПП «РЕСПИРАТОР»

*А.А. Брызгалин, ген. директор АО «НПП «Респиратор»,  
контакт. тел. (496) 412 7054*



**Аппараты «Морж», АВМ, ШАП-Р на выставке**

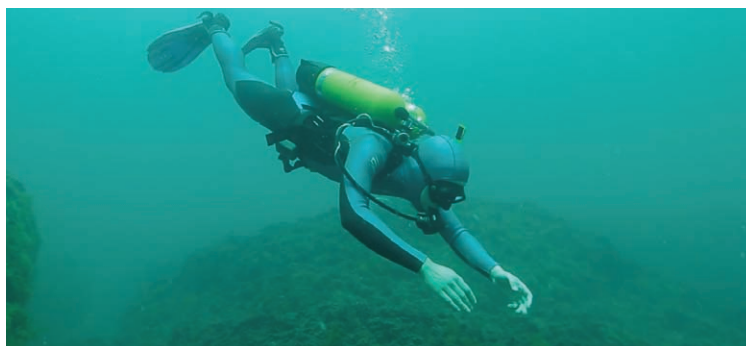
работы, например, при разливах нефти. Аппарат АВМ-15 предназначен для автономных погружений. Он также подходит для работы в условиях низких температур и сильных загрязнений. Акваланг «Морж» объединяет в себе преимущества двух предыдущих аппаратов. Используемая при его создании новая технология позволила решить проблему обмерзания легочного аппарата в экстремальных условиях холода, благодаря чему акваланг может безотказно работать при температуре воды до  $-4^{\circ}\text{C}$  в течение не менее двух часов. Редуктор, предназначенный для понижения давления воздуха и подачи его к легочному автомату, благодаря новой технологии проще и надежнее аналогов и предыдущих разработок. Низкотемпературные акваланги используются при исследовании Арктического шельфа, а также МЧС России для проведения подводных работ, связанных с мониторингом состояния потенциально опасных подводных объектов, подъемом ПЛ или локализацией вредных факторов с целью защиты населения и акватории от их воздействия при чрезвычайных ситуациях.

В 2014 г. на форуме «Арктика: настоящее и будущее» внимание участников привлекли разработки специалистов АО

«НПП «Респиратор» незамерзающих аквалангов для освоения Арктики. В 2015 г. предприятие заключило соглашение о сотрудничестве с Подводно-исследовательским отрядом РГО Татарстана под руководством Дмитрия Шиллера, который испытал регуляторы производства НПП «Респиратор» в Антарктике, погрузившись на глубину 97 м при температуре воды  $-3^{\circ}\text{C}$ , установив мировой рекорд. Оборудование проявило себя в работе безупречно. «Респиратор» благодаря сотрудничеству с РГО приняло участие и в проекте «13 морей России».

Это масштабный экспедиционный проект, в ходе которого осуществляются погружения с использованием российского оборудования на рекордные для аквалангистов глубины в морях, омывающих Россию. В рамках проекта подводный научно-исследовательский отряд Русского географического общества им. А. А. Леонова выполняет поставленные научным сообществом задачи, а также разрабатывает и внедряет методику обучения подводных исследователей в учебных заведениях.

Первый этап проекта «13 морей России» с погружениями в Баренцево море прошел успешно, об этом рассказали его участники. В ходе экспедиции был установлен рекорд погружения на глубину 111 м с подводным снаряжением производства НПП «Респиратор». Специалисты отряда под руководством Дмитрия Шиллера протестировали оборудование и охарактеризовали его работу как безукоризненную. Дмитрий Шиллер подчеркнул, что погружения на такую глубину совершаются не только ради рекорда – они преследуют сразу несколько важнейших целей: во-первых, обозначить и утвердить присутствие России в холодных отечественных морях, во-вторых, объединить усилия всех российских ор-



**Погружение в аппарате АВМ-15**





**Отряд на корабле**

ганизаций, которые занимаются подводной деятельностью, в-третьих, испытать российское оборудование для глубоководных погружений. «Мы очень гордимся тем, что нам удалось испытать российские аппараты для дыхания под водой. Аппараты отработали на 100 %, без каких бы то ни было нареканий», – отметил он.

Водолазный специалист, президент Федерации подводного спорта Вологодской области А. Губин рассказал, что одним из основных особенностей погружений в холодные моря является риск замерзания регуляторов. Однако российское оборудование справилось с этой задачей. «Это устройство может быть использо-

вано не только дайверами-любителями, но и профессиональными водолазами. Это очень важно», – убежден он.

Член команды Жака-Ива Кусто, член Совета директоров Всемирной конфедерации подводной деятельности Божана Остойич, которая зафиксировала рекордное погружение российских аквалангистов, отметила: «На этих глубинах и при низких температурах не всякое оборудование сможет работать безотказно. Это оборудование высокого качества».

В заключение надо отметить, что нам важно знать, как отечественное оборудование ведет себя в экстремальных условиях в руках профессиональных водолазов, а нашим водолазам интересно посмотреть, на что способен российский специалист. В рамках заключенного соглашения о сотрудничестве между предприятием и отрядом аквалангистов начата работа по совершенствованию агрегатов под нужды и требования подводников, жаль, что Минобороны не проявляет интереса к нашим разработкам. ■

**И**стория гибели парохода «Титаник», который натолкнулся на айсберг, повредил корпус и затонул 14 апреля 1912 г., широко известна в мире. Почти в аналогичной ситуации от столкновения с дрейфующим льдом на большой скорости (около 20 уз вместо положенных 2–3 уз) 19 июня 1989 г. получил серьезные повреждения корпуса и затонул теплоход «Максим Горький» [1]. Уже в наши дни погибли современные большие круизные суда, например, теплоходы «Нахимов», «Булгария», «Costa Concordia», рыболовецкий траулер «Дальний Восток», теплоход «Звезда Востока», ряд паромов, перевозящих беженцев из Сирии в Европу, небольшие рыболовные суда и т. п. [2], что привело к большому числу жертв. До сих пор не выявлены причины гибели буровой платформы «Кольская» при ее буксировке в штормовых условиях в Охотском море в декабре 2011 г. [4]. Все это указывает на серьезное положение с обеспечением безопасности при эксплуатации морских судов.

Анализируя сложившееся положение с морскими крушениями, как, впрочем, и с авиацией, в числе их основной причины специалисты называют «человеческий фактор». Однако надо иметь в виду, что человек – это не автономный элемент на судне, а часть (может быть, и основная) сложной эргономической системы «человек–судно». Следовательно, подходить к обеспечению безопасности надо с учетом взаимовлияния всех элементов, включая и человека.

При проектировании сложных человеко-машинных систем необходимо

## ЧТОБЫ РЕЖЕ ЗВУЧАЛ СИГНАЛ SOS

**П.А. Шауб**, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, вед. науч. сотрудник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», контакт. тел. (812) 405 0706

раскрывать в ходе исследований поведение человека значение эргономических принципов для обеспечения безопасности судна. Если еще раз вернуться к гибели «Титаника», то можно напомнить, что судно можно было бы спасти, будь оно спроектировано по действующим нормам остойчивости и непотопляемости: водонепроницаемые переборки должны были идти до главной палубы, двойное дно следовало делать водонепроницаемым, а все палубы не надо было прорезать широкими сходами без люковых закрытий и т. п.

Кстати, на эти ошибки указал главному строителю г-ну Эндрюсу русский инженер П. И. Костенко [1]. При аварии судов, особенно пассажирских теплоходов, круизных лайнеров, экипаж обычно нацелен прежде всего на спасение людей, что, конечно, правильно, но при этом нельзя забывать и о необходимости ликвидации последствий аварий, которые, как правило, приводят к гибели судна и людей.

В журнале «Морской флот» в последнее время авторы статей, публикуемых в разделе «Безопасность мореплавания», указывают на нехватку личного состава при эксплуатации судов. В связи с этим, видимо, требуется пересмотр комплектации экипажей морских судов с учетом условий их эксплуатации. Ду-

маю, при этом надо обратиться к опыту борьбы за живучесть на кораблях и судах ВМФ России. В корабельном уставе [3, гл. «Обеспечение живучести корабля»] сказано, что «способность корабля противостоять боевым и аварийным повреждениям, восстанавливая и поддерживая при этом в возможной степени свою боеготовность, называется живучестью корабля». Как ни странно, в Правилах классификации и постройки морских судов Морского регистра судоходства России вообще нет такого понятия, как живучесть судов, есть только безопасность их эксплуатации. Но когда судно получает повреждение, понятие безопасности уже теряет смысл, поскольку наступает другая стадия его существования – выживание, которое зависит не только от мероприятий по спасению, но и борьбы за его выживание – живучесть. За последние годы впервые мне встретилась статья, в которой объективно не только отражаются причины гибели судов, но и правильно сформулированы требования к «идеальному варианту» судна, отвечающему его безопасной эксплуатации, благодаря техническому совершенству, учету «человеческого фактора» и действий персонала береговой службы [5], содержанию ее инфраструктуры, охраны [6] и социальных условий. Выполнение

указанных требований [5, 6], безуслов-но, требует дополнительных затрат, но при этом увеличивается в целом безо-пасность эксплуатации судов и, следо-вательно, возможность сохранения че-ловеческих жизней, которые бесценны. Свойства этой сложной системы «чело-век–судно–инфраструктура» должны совершенствоваться как единое целое. Разработку этой системы, ее совершенство-вание надо вести на эргономической основе, где роль человека первостепенна.

1. Общим для данной системы долж-на стать целенаправленность, которая определяется разработчиком системы по требованиям заказчика.

2. Перед личным составом всех ка-тегорий судов ставятся такие задачи, при выполнении которых их действия преобразуются в действие отдельных подсистем и в необходимые действия системы в целом.

3. Стоящие перед судном задачи должны решаться с учетом окружающей среды как источника входных сигналов, что делает ее главным компонентом сис-темы, определяющим ее характер.

4. Важно оценивать реакцию лично-го состава и реакцию системы, которые должны иметь «обратную связь» (взаимосвязаны), т. е. взаимовлияние.

Это основные требования к эргономи-ческой системе, рассматриваемой нами.

5. Рассматриваемая система может быть также охарактеризована с точки зрения неопределенности, которая обус-ловливает допустимые пределы измене-ния характеристик входных сигналов и реакций на них. В этом – большая слож-ность моделирования такой системы.

Сейчас законы эргономики учиты-ваются лишь в частных случаях, напри-мер при работе операторов в человеко-машинных систем, причем, как правило, в автоматизированных. Поскольку эф-фективность использования техники в значительной степени определяется спо-собностью человека, требования эрго-номики должны реализовываться не по от-дельным направлениям, а по судну в це-лом, т. е. должен быть охвачен весь личный состав (наука о человеческих факторах).

Анализируя случаи гибели судов, по-лучивших повреждения, можно с уве-ренностью сказать, что в основном они происходили от потери остойчивости и непотопляемости аварийного судна, отсутствия оценки личным составом его состояния и принятия решения по борьбе за его живучесть. Это лишний раз подтверждает необходимость обя-зательного учета эргономики при созда-нии сложных систем.

Хочу поделиться своим личным опытом в выработке рекомендаций по обеспечению живучести кораблей после гибели линейного корабля «Ново-российск».

Эта трагедия, унесшая многочис-ленные жертвы, произошла 29 октября 1955 г. в 01 ч. 30 мин. в Севастопольской бухте – под днищем корабля прогремел взрыв. Несмотря на героическую борьбу личного состава за его живучесть, через 2 ч. 45 мин. линкор опрокинулся и зато-нул. Погибло 609 и ранено 139 моряков. Считаю, что наиболее объективная оцен-ка причин этой катастрофы дана в книге Б. Коржавина [7], где сказано, что живу-честь корабля, судна зависит не только от усилий экипажа и его профессиональ-ной подготовки, но и от тактико-техни-ческих характеристик и конструктив-ных решений по обеспечению непото-пляемости и остойчивости. В этом судьба линкора «Новороссийск» аналогична судьбе «Титаника». После этого проис-шествия командованием ВМФ в целях улучшения эксплуатационных характе-ристик и элементов живучести кораблей ВМФ СССР был предпринят комплекс мероприятий. Вот основные из них:

1. На все соединения флотов был на-правлен профессорско-преподаватель-ский состав высших военно-морских учебных заведений, контингент ученых из НИИ ВМФ, в основном кораблест-роительной специальности, для проведе-ния занятий с офицерским составом всех категорий по проблемам остойчивости, непотопляемости и живучести в целом и связанным с этим условиями безопаснос-ти эксплуатации кораблей и судов как в мирное, так и в военное время.

2. Введены новые должности: по-мощника флагманского механика по живучести, командира дивизиона жи-вучести, а в базах организованы учеб-ные центры с небольшими бассейнами в основном для наглядного обучения на моделях кораблей, базирующихся, как правило, в данной военно-морской базе, сохранению остойчивости и непото-пляемости при различных аварийных си-туациях (например, ВМБ г. Балтийск).

3. Проведена по всем флотам провер-ка остойчивости всех судов, кораблей, от катера до крейсера включительно, с помощью их кренования под руководс-вом офицеров отдела эксплуатации тех-нических управлений флотов с исполь-зованием инклинографа «Амаева». При участии личного состава все выявлен-ные недостатки были ликвидированы силами флотов либо флотскими судо-ремонтными предприятиями в течение 1956–1958 гг.

4. На всех кораблях и судах ВМФ была усовершенствована организа-ция аварийных партий и их постов по борьбе с пожарами, водой, предуп-реждению взрывов и других факто-ров, возникающих при авариях и бо-евых повреждениях. Было улучшено их оборудование как аварийно-спаса-тельными средствами, так и системами

информационного обеспечения при борьбе за живучесть.

5. Велось дооборудование постов энергетики и живучести аварийными «досками» по размещению и расхо-дованию жидких и твердых грузов с кон-тролем остойчивости непотопляемости, приборами, определяющими посадку корабля, а также журналами для записи характерных аварийных повреждений и рекомендаций для действий личного состава (сейчас это все представлено в электронном виде).

6. В эти годы вышло много литерату-ры, посвященной оценке остойчивости и непотопляемости поврежденных кораблей и судов, корректировались учебные про-граммы высших морских учебных заведе-ний, особое внимание уделялось мореход-ным качествам в условиях морского вол-нения, особенно поврежденных судов [8].

Этот перечень мероприятий можно продолжать и далее. Очевидно одно, что все они были направлены как на повы-шение профессионализма личного со-става, так и на совершенствование кон-струкции кораблей и судов ВМФ, т. е. на улучшение самой сложной эргономиче-ской системы «человек – корабль».

В настоящее время особое внимание уделяется информационным системам управления [9]. Думаю, что это направ-ление перспективно, и в этрм случае можно поставить под контроль эксплу-атацию судов, который, к сожалению, в ВМФ введен еще не полностью, а то, что есть, не позволяет использовать как еди-ную эксплуатационную систему на всем отрезке их жизненного цикла.

Все вышесказанное приводит к необ-ходимости создания и совершенствова-ния единой эргономической сложной системы «человек–судно» с единой ин-тегрируемой системой управления и с учетом инфраструктуры в целях повы-шения безопасности мореплавания судов и боеготовности кораблей ВМФ России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Шайхутдинов Н.* «Титаник»: 100 лет со дня крушения//Морской флот. – 2012. – № 2.
2. *Катушин Г.* Круизы за смертью//Морс-кой флот. – 2012. – № 1.
3. Корабельный устав. – М.: Военное изда-тельство, 2002.
4. *Костанов Ю.* Платформа «Кольская»: кто и когда ответит за эту трагедию//Морс-кой флот. – 2014. – № 6.
5. *Дмитриев В., Соляков О.* Погоня за прибылью – катализатор аварийнос-ти//Морской флот. – 2014. – № 5.
6. *Кириченко А., Изотов О., Латухов С.* Оп-тимизация затрат: что еще не учте-но?//Морской флот. – 2014. – № 4.
7. *Коржавин Б.* Гибель линейного корабля «Но-вороссийск». – СПб.: Политехника, 1992.
8. *Шауб П.* Качка поврежденного корабля. Динамическая непотопляемость. – СПб.: Моринтех, 2013.
9. *Корчанов В.* Три кита безопаснос-ти//Морской флот. – 2013. – № 4 ■



Создание оффшорных судов остается в центре внимания мирового судостроения, и в предлагаемых конструкциях применяются новые технологические решения, повышающие эксплуатационные возможности судов, улучшающие их экономические и эргономические характеристики.

Удачные проекты получают развитие и тиражируются. К таким примерам относится многофункциональное оффшорное судно «Blue Queen» проекта PX121 (рис. 8), которое в феврале 2015 г. сдала заказчику широко известная на этом рынке норвежская верфь «Ulstein Verft». Первое судно этого проекта появилось в 2012 г., затем их было построено 30 ед. для разных заказчиков на различных верфях, в том числе 9 на «Ulstein Verft». Судно дедевейтом 4 тыс. т имеет длину корпуса 83,3 м, ширину – 18 м, осадку – 8 м, площадь грузовой палубы – 850 м<sup>2</sup>, развивает скорость 15,8 уз за счет двух азимутальных движителей с электроприводом. Суда этого проекта работают в сложных погодных условиях, характеризуются экономичным расходом топлива, отличаются комфортными условиями для экипажа [1].



Рис. 8. Оффшорное судно «Blue Queen»

Примером успешной международной кооперации в оффшорном секторе стало строительство на польской верфи «Remontowa Shiprepair Yard SA», использующей, как и предприятие «Remontowa Shipbuilding SA», проекты компании «Remontowa Marine Design & Consulting», судна для бурения скважин «Espadon 200» (рис. 9), имеющее длину 202,2 м, ширину – 40,0 м и осадку – до 12,0 м. Этот проект реализуется в рамках заключенного еще в 2012 г. контракта норвежского подразделения компании «LMG Marine» и бразильской верфи «Estaleiro Atlantico Sul» на базе концепта 200 EAS. Отмечается, что первое из семи судов имеет готовность более 50%, причем до 70% объема работ по его строительству и оборудованию выполняются верфью «Remontowa Shiprepair Yard SA», многие блоки поставляются из Японии и Китая, бурильная техника изготавливается компанией «National Oilwell Varco», а финишные работы осуществляются в Бразилии.

Компанией «Wärtsilä» предложен новый проект судна АНТС (anchor handling tug supply), лозунгом которого

## МИРОВОЕ СУДОХОДСТВО И МОРСКАЯ ТЕХНИКА

### ЧАСТЬ 2

## ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ (ПО ИТОГАМ «NORSHIPPING-2015»)

*Е.А. Горин, д-р эконом. наук, гл. науч. сотрудник ИПРЭ РАН, К.С. Чернов, представитель Hamburg Messe und Congress GmbH в Российской Федерации, gorin\_ea@mail.ru constanta-expo@inbox.ru*

стали простота, эффективность, экономичность и низкий уровень вредных выбросов (рис. 10). Для этого проекта разработан уникальный набор оборудования, ориентированный на суда среднего и большого размеров, в частности, двухскоростной привод РТИ (power take-in) гребных винтов. Предполагается, что данный концепт позволит достичь 20–25% экономии топлива по сравнению с традиционно используемыми приводами, а различные модификации рассчитываются на тягу от 150 до 220 т [2].



Рис. 9. Судно для бурения скважин «Espadon 200»



Рис. 10. Судно АНТС (проект)

Строительство больших оффшорных комплексов – плавучих и стационарных – остается инновационным направлением деятельности отрасли (рис. 11). Судно «Pioneering Spirit» (первоначальное название «Pieter Schelte») длиной 382 м и шириной 124 м построено на южнокорейской верфи «Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering» для швейцарской «Allseas Group» – известного мирового лидера в оффшорных комплексах добычи и транспортировки углеводородов. Для укладки трубопроводов судно оборудовано мощным крановым оборудованием, стабилизацию корпуса обеспечивают 12 азимутальных движителей, питаемых от восьми дизель-генераторов общей мощностью 95 МВт.

Предполагается, что до 2045 г. только для работы в Северном море потребуется 478 платформ, компания «Allseas Group» уже заказала судно, аналогичного вышеуказанному классу, но больших габаритов и возможностей со сроком готовности – 2020 г., ширина которого составит 160 м [3].



Рис. 11. Судно «Pioneering Spirit»

Отмечается смещение интересов китайских верфей к строительству газозовозов меньшей вместимости [4]. Зарегистрированная в Сингапуре компания «Yangzijiang Shipbuilding» строит два судна с емкостями на 27,5 тыс. м<sup>3</sup>, еще шесть китайских верфей, в том числе «Cosco Dalian Shipyard», «Zhejiang Xinle Shipbuilding», «Jiangnan Shipbuilding» и «Sinopacific Shipbuilding», получили аналогичные заказы. Причем в этих заказах по стоимостным соображениям не используются емкости мембранного типа. Компания «Yangzijiang Shipbuilding» по французской лицензии изготавливает газовые емкости до 30 тыс. м<sup>3</sup> на своей верфи в провинции Jiangsu, а совместно с «China State Shipbuilding Corporation» разрабатывает конструкцию емкостей до 80 тыс. м<sup>3</sup>.

Одновременно верфи Японии и Южной Кореи сохраняют приоритет в строительстве газозовозов большой вместимости и морских комплексов. Так, для компании «Petronas» завершается строительство на верфи «Daewoo» первого в своем классе газодобычного судна «PFLNG 1» со сроком ввода в эксплуатацию в первом квартале 2016 г. (рис. 12). Рассчитанное на хранение 177 тыс. м<sup>3</sup> добытого им газа, это судно, представляющее собой по сути плавучий комплекс, будет работать на месторождении

Kanowit в 180 км от малазийского порта Бинтулу.



Рис. 12. Газодобывающее судно «PFLNG 1»

Мембранная система хранения сжиженного природного газа, предложенная компанией GTT, выбрана для строящегося верфью в Сан-Назаре компании «STX France» для «Brittany Ferries» нового парома (рис. 13), который будет сдан в конце 2016 г. и относится к категории PEGASIS (Power Efficient GAS Innovative Ship). Аналогичная конструкция газовых хранилищ также будет использована на трех судах этой судоходной компании при их переоборудовании на использование сжиженного природного газа.



Рис. 13. Паром PEGASIS

Получают развитие проектные решения с использованием интегрированных конструкций, в которых сферические емкости могут быть закрыты сверху единой поверхностью – Integrated Hull Structure. Концепция IHS обеспечивает усиление продольной жесткости корпуса судна и защиту газовых емкостей. При этом появляется возможность уменьшения веса используемого металла, а в пределах объема корпуса могут разместиться газовые резервуары большей вместимости, что реализовано в новой версии газозова типа «Sayaendo» (рис. 14). Первоначально идеология сферических емкостей для LNG разрабатывалась в городе Moss на юге Норвегии, что и дало название этим системам хранения, а компания-разработчик получила название «Moss Maritime».



Рис. 14. Газовоз «Sayaendo»

На верфи в Турку впервые в конструкции судна были заложены основы концепции IHS, когда в конце 90-х гг. еще на «Kvaerner Masa Yard» были построены 4 газозова вместимостью

135 тыс. м<sup>3</sup> для «Abu Dhabi National Oil Company». В этих судах было использовано много инновационных решений, при проработке проекта вместо пяти предложили установить четыре грузовых емкости большего размера. Это давало очевидный экономический эффект, но привело к увеличению продольных габаритов и изменению длины корпуса с соответствующим повышением мощности двигателя [5].

Здесь же отметим ледокол, строящийся на верфи «Arctech Helsinki Shipyard Inc.», с силовой установкой на сжиженном природном газе (рис. 15), который в начале 2016 г. будет передан Finnish Transport Agency.



Рис. 15. Ледокол с силовой установкой на сжиженном газе

В табл. 8 приведены объемы и динамика изменения в 2014 г. мировой торговли природным сжиженным газом по данным GIIGNL – The International Group of Liquefied Natural Gas Importers.

Таблица 8  
Мировая торговля природным сжиженным газом в 2014 г.

Регион	Импорт	
	объем, млн.т	2014/2013,%
Европа:	32,44	-4,4
Франция	4,58	-22,9
Турция	5,45	23,9
Великобритания	8,4	21,6
Америка:	22,53	3,30
Бразилия	5,35	28,9
Канада	0,4	-47,4
США	1,16	-38,9
Азия:	180,1	1,2
Китай	18,98	2
Индия	14,54	11,4
Южная Корея	37,62	-6,9
Средний Восток:	4,1	30,8
Дубай	1,34	16,5
Израиль	0,08	-80
Кувейт	2,68	68,6
Всего	239,18	1
Регион	Экспорт	
	объем, млн.т	2014/2013,%
Атлантика:	52,53	3,5
Алжир	12,72	17,7
Египет	0,31	-88,3
Нигерия	19,14	16,2
Норвегия	3,55	16,4
Тринидад	13,09	-4,2
Средний Восток:	96,46	-1,8
Абу Даби	6,08	19,7
Оман	7,73	-7,4
Катар	76,37	-2,1
Йемен	66,27	-8,1
Тихий океан:	90,19	2,7
Австралия	23,6	5,3
Индонезия	17,38	-5,3
Малайзия	24,83	-1,2
Россия	10,58	-1
Всего	239,18	1

Динамика строительства LNG танкеров приведена в табл.9, а общее количество эксплуатируемых в мировом торговом флоте LNG танкеров на начало 2014 г. составляло 392 судна.

Весьма показательны для ситуации в мировой торговле объемы использования и строительства контейнеровозов, этот рынок демонстрирует неустойчивость. В последнее время наметились тенденции к более экономичным вариантам транспортировки контейнерных грузов, более востребованными стали суда менее 10 тыс. TEU, а на коротких маршрутах – до 5 тыс. TEU. Тем не менее разработаны и анонсированы новые проекты контейнеровозов вместимостью 20 тыс. TEU, но реальные заказы на такие суда ожидаются только в 2017 г. По-видимому, в ближайшее время будут востребованы суда на 18–19 тыс. TEU, проекты контейнеровозов до 21 тыс. TEU. В то же время судостроители пока считают предельным размером для контейнеровоза вместимость 24 тыс. TEU, что, однако, вызывает сомнения у специалистов и споры. Текущая ситуация демонстрируется в табл. 10 и 11. Интересно, что за пять месяцев 2015 г. было заказано 17 контейнеровозов вместимостью более 20 тыс. TEU [6].

Тематика Green Shipping находила отражение практически в проектах всех участников выставки. Причем речь идет не только о снижении вредных выбросов за счет применения очищенного дизельного топлива или природного сжиженного газа, но широкого спектра новых технических решений и их практических применений. Что касается Норвегии, то принцип Green Shipping возведен здесь на уровень государственной политики [7]. В январе 2015 г. министром торговли и промышленности Monica Mæland, государственным секретарем по климату и окружающей среде Lars Andreas Lunde была подписана Декларация о сотрудничестве с ключевыми компаниями норвежского прибрежного судоходства с целью сделать страну мировым экологическим лидером при эксплуатации каботажных судов, а «DNV GL» готовит Green Coastal Shipping Programme. К маю 2015 г. 858 организаций (в основном из сектора морской индустрии) присоединились к Соглашению и с момента подписания оплачивают налог на выбросы окислов азота напрямую в норвежский NOx Fund в размере 1,33 евро/кг NOx для оффшорного флота, обслуживающего добычу и транспортировку углеводородного сырья и 0,49 евро/кг NOx – для других секторов (торговый и рыболовецкий флот, пассажирские суда и паромы, авиация и промышленность). Одновременно из средств NOx Fund финансируется около 1600 мероприятий по снижению вредных выбросов для почти



## Динамика строительства LNG танкеров

Всего	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	53	41	26	19	3	18	41	39	32
В том числе более 100 тыс. м <sup>3</sup>	51	39	24	12	2	16	41	30	32
В том числе: в Юж. Корее	38	30	21	10	1	17	30	24	20
в Японии	13	7	3	2	0	1	4	3	2
в Китае	2	4	1	4	1	0	0	12	1

Таблица 10

## Заказанные контейнеровозы вместимостью более 18 тыс. TEU

Судовладелец	Кол-во судов	Суммарная вместимость, тыс. TEU	Суммарная стоимость, млн. долл.
China Bank of Communications	2	38	140,7
China Shipping Container	1	18,4	140
CMA CGM	3	61,8	145
Hong Kong Asset Management	1	18	140,7
Minsheng Financial Leasing	6	111	154,9
Mitsui OSK Lines	4	80,4	155
Maersk Line	5	91,3	190
OOCL	6	126,6	158,6
Quantum Scorpio Box	6	115,2	153
Shoei Kisen Kaisha	16	300,5	155
United Arab Shipping Co	6	113,2	150
ВСЕГО	56	1074	

Таблица 11

## Заказанные контейнеровозы вместимостью более 5 тыс. TEU

Страна/компания	Кол-во судов	Суммарная вместимость, тыс. TEU
ВСЕГО	271	3369
Основные страны – заказчики контейнеровозов		
Япония	46	738
Китай	50	574
Греция	36	349
Канада	21	259
Великобритания	16	109
Кувейт	14	229
Германия	14	123
Норвегия	10	88
Основные судовладельцы – заказчики контейнеровозов		
Seaspan International	21	259
Shoei Kisen Kaisha	17	308
COSCO	15	166
Zodiac Maritime	16	109
United Arab Shipping Co	14	229
China Bank of Communications	13	141
Основные страны – строители контейнеровозов		
Китай	74	671
Япония	41	649
Южная Корея	112	1596
Филиппины	32	324
Тайвань	8	93
Румыния	4	37

400 организаций, из которых 80% приходится на сектор морской индустрии, в ежегодном объеме – около 70 млн. евро. Уже сегодня Норвегии принадлежит половина численности имеющегося и проектируемого мирового торгового флота с LNG топливом.

Среди проектов, ориентированных, в том числе, и на решение вышеуказанной задачи, концепт экономичного и экологичного грузового паромов в качестве замены действующей 200-километровой контейнерной автомобильной линии между прибрежными норвежскими городами стал результатом двухлетней совместной работы группы из 27 компаний под руководством DNV GL и Shortsea Services and Marintek. Поводом для этой разработки стала задача по сокращению времени и стоимости перевозок на этой дистанции до 20 млн. т грузов ежегодно. Проект грузового паромов

предусматривает реализацию принципа Lo-Lo (lift-on/lift-off) и достижение эксплуатационной скорости судна до 15 уз за счет гибридной силовой установки и использования в качестве топлива сжиженного природного газа. В бизнес-проекте предполагалось строительство 14 судов, способных суммарно перевозить до 270 тыс. 45-футовых контейнеров, и при этом стоимость перевозки снижалась бы на 30% по сравнению с автомобильным вариантом. В случае реализации такой логистической схемы ожидается экономия в размере 1,3 млрд. норв. крон при транспортировке 5 млн. т грузов [15].

Кстати отметим, что первым в мире судном, которое прошло из Азии в Европу исключительно с использованием в качестве топлива LNG, стало судно «Kvitbjørn» (рис. 16) с газовой турбиной Rolls-Royce. Маршрут начинался с места

строительства – китайской верфи «Tsuji Heavy Industries Shipyard», расположенной в Jiangsu, с заправками в индийском Cochin и испанском Cartagena, а закончился в конце марта 2015 г. в норвежском Бергене.



Рис. 16. Судно «Kvitbjørn»

В рамках контракта, заключенного в июле 2014 г. между польской верфью «Remontowa Shipbuilding SA» и канадским паромным оператором «BC Ferries», будет построено три double-ended паромов для перевозки 600 пассажиров и 145 ед. автотранспорта со скоростью 15,5 уз, отвечающих действующим в прибрежных североамериканских акваториях требованиям по снижению вредных выбросов. Сжиженный природный газ либо очищенное судовое дизельное топливо будут использоваться для работы трех дизель-генераторов. В середине 2016 г. судовладелец получит первое судно (рис. 17), имеющее длину 107,2 м и ширину 23,5 м, которое также будет первым использующим LNG в составе флота компании «BC Ferries».



Рис. 17. Паром для компании «BC Ferries»

Одна из крупнейших круизных компаний «Stena Line» показала пример конкретных действий по снижению вредных выбросов на эксплуатируемом флоте, заявив еще в ноябре 2014 г. о переводе на метанол в качестве топлива 240-метрового паромов «Stena Germanica», рассчитанного на 1500 пассажиров и работающего на линии между Гетеборгом и Килем. В марте 2015 г. это судно покинуло польскую верфь «Remontowa Shiprepair Yard SA» в Гданьске после переоборудования, в котором приняли участие компании «Wärtsilä» и «Stena Teknik», крупнейший поставщик метанола – компания «Methanex Corporation», а также администрация портов Гетеборг и Киль [9]. По-видимому, эта деятельность компаний «Stena Line» послужила основанием для присуждения ей звания Shipowner of the Year на ежегодной Green

Ship Technology Conference в Копенгагене в марте 2015 г.

Метанол относится к весьма экологически чистым видам топлива и может вырабатываться из природного газа, угля, биомассы и даже углекислоты. Замена традиционного судового топлива на метанол позволяет снизить выбросы окислов серы на 99%, окислов азота – на 60%, твердых частиц – на 95%, углекислого газа – на 25%. По указанным параметрам метанол можно сравнить со сжиженным природным газом и, хотя пока требуется больше затрат на его получение, но он более перспективен по простоте хранения и использования.

В дальнейшем применение в качестве энергоносителей сжиженного природного газа или электрических батарей будет распространяться и на океанский пассажирский и торговый флот. Именно в развитие таких задач фирмой «Dykstra Naval Architects» предложен проект многофункционального грузового судна «Ecoliner» как серьезная альтернатива используемым сегодня морским транспортным средствам (рис. 18). Гибридная двигательная система для экономии топлива и снижения вредных выбросов включает парусную оснастку, мачты которой одновременно служат крановыми устройствами [10].



Рис. 18. Судно «Ecoliner» (проект)

Перспективные исследования ведутся и в отношении традиционных судовых двигателей с целью улучшения их технических и экологических характеристик. Морской департамент «Rolls-Royce» в Норвегии насчитывает 3 тыс. сотрудников, а территориально размещен в городах Ålesund (проектирование судов и систем автоматизации, исследования гидродинамики, обучение), Ulsteinvik (разработки движителей и винтов), Hjørungavåg, Bratvåg (палубное оборудование), Longva, Берген (силовые установки, системы силовой электроники). Выполненный компанией «Rolls-Royce Marine» объем R&D в 2014 г. составил 1,4 млрд. фунт. стерл., основная часть которого относится к норвежской части, хотя сейчас падение цен на нефть и оказывает негативное влияние на исследовательский сектор [11]. Разработанный норвежским отделением «Rolls-Royce» новый среднеоборотный двигатель Bergen 33:45, на 20% превышающий параметры используемого ранее двигателя, уже установлен на двух сдваве-

мых в 2015 г. траулерах, а с марта 2016 г. шесть таких двигателей будут работать на строящемся первом в мировой практике в своем классе добычном судне – seabed mining vessel (рис. 19).



Рис. 19. Добычное судно

Кроме оптимизации силовых установок и применения более экологичного топлива постоянно предлагаются дополнительные технические решения. Так, японские судостроители заявляют о реализации в ближайшее время разработок парусных систем для торговых судов, известных с 2009 г. как The Wind Challenger Project и способных обеспечить до 50% экономии энергии для океанских судов (рис. 20). Использование парусной оснастки, которая имеет размеры до 50 м в высоту и 20 м в ширину, на балкере дедвейтом 84 тыс. т на транспортном маршруте в северной части Тихого океана может дать экономию топлива до 30%, а при трансконтинентальных перевозках – более 50% [12, 13]. Аналогичный проект возможного использования энергии ветра для танкера «Seapacis» дедвейтом 105,7 тыс. т, построенного на японской верфи «Nanbu Shipbuilding», показан на рис. 21. Наибольшую сложность представляет обеспечение необходимой прочности такелажа, для которого может быть применен многослойный материал Glass Fiber Reinforced Plastic.



Рис. 20. The Wind Challenger Project



Рис. 21. Танкер «Seapacis» (проект)

Возможности возобновляемой энергетики пока используются слабо, на них приходится до 3% электрогенерирующих мощностей [14]. Тем не менее мировой объем инвестиций в развитие таких

мощностей в 2012 г. достиг 180 млрд. долл. по сравнению с 5 млрд. долл. в 2000 г. Очевидно, что популярность перехода на возобновляемые источники энергии возрастает, а для судостроительной отрасли – это новый и интересный сегмент и возможность загрузки свободных мощностей.

Стоит отметить, что даже при интенсивном развитии возобновляемые источники энергии не станут в обозримом будущем основным энергоресурсом. Их реальная роль и рыночная доля во многом зависят от политических и экономических факторов, а единых мировых или национальных сценариев развития пока не существует. Однако такие задачи способствуют генерации технических идей и новых технологий.

Сохраняется интерес к таким нетрадиционным источникам энергии, как ветроэнергетические «поля», которые гораздо удобнее размещать на морских акваториях, что поддерживает загрузку верфей и смежных предприятий по созданию новых морских объектов и судов для их монтажа и обслуживания.

В первом квартале 2015 г. для германской «Siemens Wind Power» были сданы два судна компанией «Navyard Ship Technology AS» в рамках десятилетнего контракта. Специализированные суда (рис. 22) предназначены для обслуживания ветрогенераторных «полей»: Baltic 2 – в Балтийском море и Butendiek project – в Северном море. Строительство таких судов определяется успешным опытом эксплуатации судна «Esvagt Froude» и продолжено в проектах «Navyard», реализуемых этой норвежской группой в различных модификациях оффшорных, рыболовецких, сервисных и ледокольных судов для заказчиков Норвегии, Исландии, Дании, России.



Рис. 22. Суда для обслуживания ветрогенераторных полей

Так, для датской компании «Esvagt» построено три таких судна дедвейтом 4,2 тыс. т. «Navyard Group» и «Fafnir Offshore» представили новый проект судна обслуживания платформ с гибридной энергетической установкой Navyard 833 WE ICE. Новое технологическое решение на основе удачной конструкции корпуса и гибридной энергетики позволит снизить потребление



топлива на 30–40% [15]. Кроме того, конструкторские разработки и комплекты специального оборудования норвежской группы «Navyard» поставляются на верфи Бразилии, Испании, Сингапура, Индии и Китая.

Норвежская компания «Acta Marine» увеличит свой флот, добавив к нему в конце 2015 г. новое судно для обслуживания морских ветрогенераторных станций «Acta Orion», созданное в результате длительной совместной работы по проекту «CIG Shipbuilding» с участием польской «Stocznia Shipyard» (рис. 23). Это судно стало развитием удачного проекта 6000 GC-E, сохранило его длину корпуса, равную 108 м и ширину 16 м. Увеличена мощность силовой установки, что позволяет судну сохранять работоспособность при большем волнении и ветре в суровых условиях Северного моря, а по своей комфортности судно проверено Marine Research Institute Netherlands. По мнению специалистов, в конструкции судна удачно сочетаются габаритные и весовые характеристики, что обеспечивает хорошую стабилизацию и снижение вибрации. При наличии двух ботов, основным средством перемещения персонала на платформы является специальная эстакада, размещенная в кормовой части и принципиально отличающая конструкцию этого судна от других подобных ему судов. Также на корме размещается палубный кран грузоподъемностью 24 т. Предназначенное для использования на Gemini Wind Farm это судно начнет свою деятельность с поддержки кабелеукладчика «Nexus», уже работающего в этой акватории [16, 17].



Рис. 23. Судно «Acta Orion»

Известная как владелец и оператор флота судов по обслуживанию месторождений углеводородов норвежская компания «Siem Offshore» смещает акцент своей деятельности на ветрогенераторные комплексы в германских прибрежных водах. Примером этого процесса стало судно «Siem Moxie» (рис. 24), обладающее уникальными возможностями для успешного выполнения компанией «Siem Offshore Contractors» постоянно усложняющихся задач по обслуживанию ветрогенераторов и кабельных линий в прибрежной зоне, в том числе на Amrumbank West offshore windfarm и Baltic 2 offshore windfarm. Другие выполняемые судном интересные проекты – замена силовых кабелей рабочим напряжением 33 кВ общей дли-

ной 97 км, соединяющих ветрогенераторы общей мощностью 68 МВт на Veja Mate windfarm, находящейся в 115 км от германского побережья Северного моря, или устройство кабельной сети общей длиной 72 км, соединяющей 54 ветрогенератора мощностью 6,15 МВт каждый на windfarm Nordsee One в Северном море [18].



Рис. 24. Судно «Siem Moxie»

В целом, в скандинавских странах сохраняется повышенный интерес к ветровой электроэнергетике. Компания «Havgul Nordic», созданная за счет объединения норвежской «Havgul Clean Energy» и шведской «Triventus Wind Power», имеет в общем «портфеле» 15 проектов в Финляндии, Норвегии и Швеции с ресурсом 1,5 ГВт. Участниками «Havgul Nordic» стали «Sustainable Technologies Fund», правительство Норвегии, государственный пенсионный фонд Швеции и другие инвесторы. Специальный налоговый режим способствует росту интереса к инвестициям в скандинавскую ветроэнергетику, уже обозначены 7 проектов в Швеции общей производительностью 504 МВт, 5 – в Норвегии на 865 МВт и 3 – в Финляндии на 185 МВт.



Рис. 25. Полуогруженная плавучая платформа с ветрогенератором

Особый импульс развитию японской ветровой электрогенерации на морском шельфе дала авария на атомной станции Фукусима в 2011 г., для реализации планов расширения использования возобновляемой энергии под руководством министерства экономики, торговли и промышленности объединились 11 национальных компаний, в том числе 3 – судостроительных [19]. На первой стадии проекта, получившего название Fukushima FORWARD, компанией «Japan Marine United» была построена полуогруженная плавучая плат-

форма с генератором 2 МВт (рис. 25) фирмы «Mitsui Engineering & Shipbuilding». На втором этапе компаниями «Mitsubishi Heavy Industries» и «Japan Marine United» изготавливаются платформы с турбинами мощностью по 7 МВт (рис. 26).



Рис. 26. Платформа с турбинами мощностью по 7 МВт

Здесь также отметим новое развивающееся направление морской техники – использование энергии морских волн, приливов и отливов для выработки электричества. Мировые запасы возобновляемой приливной энергии оцениваются в 3 ТВт, при этом считается, что технически возможно преобразовать в электрическую – до 60 тыс. МВт.

Интересен проект создания первой в Великобритании и, по-видимому, пока самого большого в мире комплекса преобразования энергии морских волн в электрическую энергию [20]. Подписано соглашение между созданной в 2011 г. частной компанией «Simply Blue Energy Ltd» и «Wave Hub Ltd» о реализации пилотного проекта с использованием технологических разработок шведской компании «Seabased Industry AB».

«Wave Hub Ltd» – некоммерческая организация, осуществляющая деятельность в исследовательской зоне Wave Hub в 16 км от северного побережья Корнуэлла с глубинами от 48 до 58 м, полностью обустроенной и оборудованной системой электрических коммуникаций с возможностью передачи электрической мощности до 48 МВт. В этом районе энергия волн оценивается в 20 кВт на 1 м гребня волны.

Каждый преобразователь энергии представляет собой стоящий на дне электрический генератор в капсуле весом 35 т, соединенный канатом с поплавком диаметром 7 м, который поднимается и опускается под действием волны. Полный вес одного генерирующего блока – 60 т. До начала 2017 г. здесь плани-

руется установить 200 таких генераторов общей мощностью 10 МВт.

Использование энергии морских волн возможно и без серьезных стационарных сооружений на шельфе. На рис. 27 показан эскиз платформы BlueTEC – Bluewater's Tidal Energy Converter для преобразования приливной энергии в электрическую, разработанной «Bluewater Energy Services BV», представленной специалистам в датском порту Den Helder и используемой вблизи острова Тексель в акватории Marsdiep, отличающейся быстрым течением при приливах и отливах. Пока платформа длиной 24 м и шириной 2,4 м оборудуется турбиной мощностью 240 кВт, при стоимости такой платформы около 1 млн. евро цена вырабатываемой электроэнергии составит 0,2–0,3 евро/кВт, что не выше стоимости дизель-электрической генерации. В ближайших планах – применение турбин мощностью 2–3 МВт, а в амбициозные планы разработчиков, которые занимаются этой темой с 2009 г., входит создание платформ с турбиной мощностью до 500 МВт. В эти работы вовлечены ряд компаний, в том числе «Damen»/ «Niron Staal», «Van Oord»/ «Acta Marine», «Vryhof Anchors», «Tocado», «Schottel Hydro» [21].

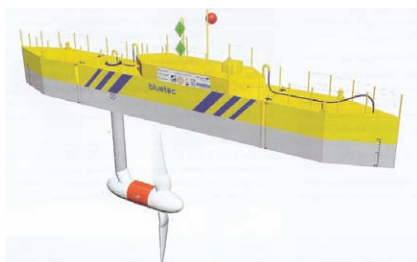


Рис. 27. Платформа BlueTEC (эскиз)

В продолжение темы создания экономичного и экологичного водного транспорта для местных паромных перевозок сообщается о реализации морским кластером Западной Норвегии «Maritime CleanTech West» концепции Urban Water Shuttle по применению на коротких дистанциях быстроходных паромов с гибридными электрическими двигателями [22]. В конце 2015 г. предполагается начало коммуникационного сообщения населенных пунктов по берегам Oslo Fjord скоростными паромными, оборудованными водородными батареями, которые будут курсировать до 10 раз в сутки с грузами и 100–200 пассажирами на борту, что сократит путь между дорогами E6 на восточной стороне фьорда и E18 – на западной, даст реальную экономию затрат и отсутствие вредных выбросов. Определенный опыт создания такого транспорта уже имеется, поскольку первый в мире автомобильный паром для Norled с электрическими аккумуляторами в качестве источников энергии

уже был построен «Fjellstrand» партнером «Maritime CleanTech West».

Как результат технологического развития, позволяющего обеспечить необходимые условия безопасности, в качестве источника энергии все более активно рассматривается водород. Правительством Японии в 2014 г. принята специальная программа по внедрению водородных топливных батарей, такую задачу поддержал токийский муниципалитет, а «Toyota Motor Corporation» начала продажу серийных автомобильных топливных элементов с организацией их коммерческой заправки. В качестве перспективного топлива водород рассматривается и для морского транспорта, что расширяет потенциал судостроительной отрасли на новые направления.

Темой водородной энергетики заинтересовалась компания «Kawasaki Heavy Industries», которая изучает возможность производства сжиженного водорода из низкокачественного коричневого австралийского угля с его последующей транспортировкой в Японию. Одновременно предполагается строительство соответствующих судов, оборудованных сверх низкотемпературными резервуарами с двойными вакуумированными стенками.

Строительство таких транспортных средств потребует применения многих инновационных решений, в том числе по теплоизоляции и новым материалам. По ряду вопросов компания «Kawasaki Heavy Industries» уже провела согласования с «ClassNK», а учитывая опыт изготовления емкостей для сжиженных газов на заводе «Harima Works», первое судно планируется сдать в 2020 г.

Альтернативную технологию разрабатывает японская «Chiyoda Corporation», которая совместно с «Mitsubishi Heavy Industries» изучает коммерческую возможность транспортировки водорода химическими танкерами при постоянной температуре и давлении в виде метилциклогексана, получаемого при использовании толуола [23].

В заключение вспомним и малый флот, приведем пример разработки норвежской фирмой «Effect Ships International» совместно с французской «Cano Lanza Yacht Design» и датской «Tucso Marine Group» новой серии легких быстроходных катеров с воздушным поддержанием из углепластиковых материалов длиной от 15 до 45 м (рис. 27). Двигатель на таких судах устанавливается по выбору заказчика, на первых изделиях ставились Volvo Penta IPS. Подобные небольшие суда весьма востребованы для различных служебных функций, прибрежных сообщений, комплектования офшорных судов и комплексов. По сравнению с классическими алюминиевыми корпусами карбоновые

конструкции имеют меньший вес, снижается сопротивление при движении со скоростями до 40 уз и уменьшается килевая качка [24, 25].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ulstein T.* Representing the New Generation: Blue Queen // Shipbuilding Industry. – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P.10–12.
2. *Wärtsilä* launches new AHTS vessel design // Shop & Offshore. – 2015. – № 4. – P.9
3. Large potential for offshore behemoth // Shop & Offshore. – 2015. – № 4. – P.57
4. *Yuanlin Ren.* China shipyards target small to mid-scale LNG carriers // LNG world shipping. – 2015. – May/June. – P.11
5. HIS – Integrated Hull Structure // A Lloyd's Register Report. – 2014. – March. – P.06–09
6. *Luthwaite B.* ULCS: the best goes on // Container Shipping & Trade. – 2015. – Vol. 4. – № 2 (2 nd Quarter 2015). – P.46–47.
7. *Горин Е.А., Чернов К.С.* Мировое судостроение в 2014 г. – курс на Green Shipping // Морской вестник. – 2015. – № 2 (54). – С. 109–111.
8. Cargo ferry moves transport from road to sea // Shop & Offshore. – 2015. – № 4. – P. 15.
9. Stena Germanica runs on metanol // Poland of Sea. – 2015. – Special issue. – P.4–6.
10. Norwegian Green Shipping // Shipbuilding Industry. – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P.42–43.
11. *Eloranta S.* Rolls-Royce invests to stay ahead of the game // Norwegian Solutions. – 2015. – May. – P.38.
12. Challenge for Wind // Kaiji Press, Special Issue: Japan Premium. – 2015. – April 10. – P.21.
13. *Gilpin D.* Sailing the winds of change. – Lloyd's List Next Generation, 2015, p. 20–21.
14. *Ерзин Д.* В поисках энергии: ресурсные войны, новые технологии и будущее энергетики. – М.: Альпина Паблишер. – 2013, 712 с.
15. *Navyard's* Second Wind Farm Vessel // Offshore Industry. – 2015. – Vol. 8. – № 3. – P.24–29.
16. *Little B.* Redefining: Comfort & Performance // Shipbuilding Industry. – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P.24–27.
17. Contributors to quality // Poland of Sea. – 2015. – Special issue. – P.48.
18. Investing in wind power paying off for Siemens // Norwegian Solutions. – 2015. – May. – P.90–91.
19. Floating Offshore to Capture High Winds // Kaiji Press, Special Issue: Japan Premium. – 2015. – April 10. – P.29–31.
20. *Kiebat R.* UK's first wave energy farm set to debut in 2017 // Shop & Offshore. – 2015. – № 4. – P.52–53.
21. *Pospiech P.* World's first floating tidal platform officially launched // Shop & Offshore, 2015. – № 4. – P.50–51.
22. *Criscione V.* Green Way to Commute by Water // Norway Exports, Maritime, v. 2014/2015. – Annual 58. – № 6. – P.24–25 (www.norwayexports.com)
23. Era of Hydrogen // Kaiji Press, Special Issue: Japan Premium. – 2015. – April 10. – P.17.
24. Scandinavian Synergy // Shipbuilding Industry. – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P.56–57.
25. ASV designs have plenty to offer offshore vessel market // Offshore Support Journal. – 2015. – Vol.18. – № 4. – P.117 ■



# 150 ЛЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЩЕСТВУ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ



*Н.М. Казнаков*



*А.Н. Крылов*



*К.Л. Боклевский*



*В.А. Позднин*



*Ю.А. Шиманский*

- 1866 г. – Отдел судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства
- 1896 г. – Общество морских инженеров в Кронштадте
- 1904 г. – Отдел военной и морской техники
- 1917 г. – Союз морских инженеров в Петрограде
- 1932 г. – Всесоюзное Научное инженерно-техническое общество судостроителей (ВНИТОСС)
- 1954 г. – Всесоюзное Научное инженерно-техническое общество судостроителей им. академика А.Н. Крылова
- 1963 г. – Всесоюзное Научно-техническое общество судостроения имени академика А.Н. Крылова
- 1992 г. – Межрегиональная Общественная организация «Научно-техническое общество судостроителей имени академика А.Н. Крылова»
- 2001 г. – Российское и Международное Научно-техническое общество судостроителей имени академика А.Н. Крылова

Российское и международное НТО судостроителей работает по годовому тематическому плану. Отдельно запланировано два юбилейных мероприятия:

– торжественный Пленум РосНТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова 30 мая 2016 года, посвященный 150-летию юбилею Научно-технического общества судостроителей, в Актовом зале АО «Центр технологии судостроения и судоремонта». В честь юбилея будут изданы труды НТО по научным проблемам в судостроении;

– пленарное заседание Международного научно-технического форума 21.10.2016 г. «Передовые технологии как основа стратегии развития общества», а также IV пленум Координационного совета РосСоюза НИО и VI съезд Международного Союза НИО, посвященные 150-летию юбилею Русского технического общества. Мероприятие будет проводится Союзом НИО (140 человек – делегация из Москвы) и Международным НТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова в Санкт-Петербурге в Актовом зале ВУНЦ ВМФ «Военно-Морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова».

191186, Санкт-Петербург, Невский пр. 44  
тел.: (812) 315 5027, 710 4011, 710 4693, факс (812) 710 4040  
e-mail: [cpntokrylov@mail.ru](mailto:cpntokrylov@mail.ru)



*Л.Л. Пустынцев*



*Н.Н. Исанин*



*В.В. Горюнин*



*В.М. Пашин*



*В.А. Александров*

5 февраля 2016 г. в Екатерининском зале Государственного музея-заповедника «Царское Село» в г. Пушкин прошла 43-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания.

Каждого из прибывающих на ассамблею на входе в Екатерининский зал дворца встречал в парадной форме председатель СПбМС Н.В. Орлов. Торжественность события, как всегда, подчеркивал своей игрой оркестр Мариинского театра. До входа в Екатерининский зал участники ассамблеи осмотрели выставочные экспозиции дворца и янтарную комнату.

Ассамблею открыл Н.В. Орлов, был внесен знаменный флаг и исполнен гимн СПбМС, после этого он предоставил слово духовнику Собрания настоятелю Морского Никольского Богоявленского Собора протоиерею Богдану Сойко, благословившего работу ассамблеи.



После концерта артистов Мариинского театра первым заместителем председателя СПбМС адмиралом В.П. Ивановым были зачитаны приказы по СПбМС.

В соответствии с Положением о наградах за безупречное служение СПбМС, активное участие в решении его уставных задач, укрепление авторитета, честное и добросовестное исполнение своих общественных и служебных задач и обязанностей наградили:

– золотым нагрудным знаком «За 15 лет безупречной службы в СПбМС» действительного члена МС С.Н. Ирютина,

– золотым нагрудным знаком «За 10 лет безупречной службы в СПбМС» Почетного члена МС адмирала В.И. Королева.

В связи со 106-й годовщиной со дня создания СПбМС и в соответствии с решением Совета старшин, который отметил большую организаторскую и творческую работу многих членов собрания, способствующую решению уставных целей и задач, флотских, производственных, социальных и общественных вопросов, а также проведению международных мероприятий, посвященных морским памятным да-

## 43-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

там Российского флота, и за активное взаимодействие с общественными и ветеранскими организациями Санкт-Петербурга и Ленинградской области, с морскими собраниями городов Вологда, Гатчина, Новороссийск, Сочи, Севастополь, Владивосток, Мурманск, Петропавловск-Камчатский были награждены:

– орденом «Орденский знак» члены МС Г.А. Фокин и С.С. Пустынников;

– орденом «За заслуги в морской деятельности» 1-й степени А.В. Витко – адмирал, командующий ЧФ;

– орденом «За трудовую доблесть» 1-й степени члены МС С.В. Марковский и А.Е. Лещин;

– орденом «За заслуги» 2-й степени члены МС А.В. Картаполов – генерал-полковник, командующий Западным военным округом, С.И. Авакянц – адмирал, командующий Тихоокеанским флотом, К.Г. Пальников, П.П. Паринов, Н.А. Алексеев, А.Ф. Зеньков;

– орденом «За воинскую доблесть» 2-й степени В.П. Кравчук – вице-адмирал, командующий Балтийским флотом, Н.А. Евменов – вице-адмирал, врид командующего Северным флотом, член МС С.В. Качковский;

– орденом «За трудовую доблесть» 2-й степени члены МС Н.П. Мартынов, В.А. Скальный, М.В. Сильников;

– орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й степени член МС В.В. Дударенко и капитан 1 ранга, начальник Управления кораблестроения ВМФ В.А. Тряпичников;

– орденом «За заслуги в морской деятельности» 3-й степени В.М. Ушаков, капитан морского порта Приморск И.Е. Золотых, капитан порта Высоцк А.Е. Суриков;

– золотой медалью «Петр Великий» члены МС С.Г. Фокин, И.С. Суховинский, А.Б. Давыдов, А.И. Ганьжин.

В соответствии с «Положением о проведении конкурса на соискание «Литературной премии СПбМС» решением литературной комиссии, утвержденным Советом старшин, было присвоено звание «Дипломант литературной премии СПбМС» за 2015 г. заведующей отделом комплектования и обработки литературы Центральной военно-морской библиотеки Министерства обороны РФ О.М. Федоровой, автору книги «Первая русская кругосветная экспедиция 1803–1806 гг. в дневниках Макара Ратманова» с вручением диплома и денежной премии в размере 10 000 рублей.

Памятный подарок СПбМС «Кубок малый именной» был вручен первому заместителю председателя СПбМС адмиралу В.П. Иванову, отвечающему за работу с ВМФ РФ и ветеранами флота.

Было также отмечено, что СПбМС оказывает большую всевозможную помощь флотам ВМФ РФ, издает книги из серии «Библиотека Морского Собрания» по истории Российского флота (в том числе детские книги). ■

Фото Д.А. Мельникова





**Н**а собрании членов Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга, которое состоялось 17 февраля 2016 г., присутствовали представители Комитета по промышленной политике и инновациям, Российского НТО судостроителей им.акад. А.Н.Крылова.

Вел собрание вице-президент Ассоциации Л.Г.Грабовец.

Заместитель председателя Комитета по промышленной политике и инновациям С.А.Тальнишных проинформировал присутствующих об итогах выполнения государственной про-

## ОТЧЕТНОЕ СОБРАНИЕ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга  
и Ленинградской области,  
контакт. тел. (812) 786 1172*



*Выступает С.А.Тальнишных*

граммы «Развитие промышленности, инновационной деятельности и агропромышленного комплекса Санкт-Петербурга на 2015–2020 годы» в 2015 г. и обозначил задачи, стоящие перед судостроителями города на 2016 г.

Эксперт Ассоциации, заместитель генерального директора судостроительного завода «Пелла» И.Л.Вайсман выступил с докладом, в котором проанализировал основные целевые статьи расхода бюджета страны на 2016 г. для судостроительной отрасли в сравнении с другими отраслями военно-промышленного комплекса.



*И.Л. Вайсман*

С отчетом о работе Ассоциации за 2015 г. выступил исполнительный директор Ассоциации А.А.Юрчак.



*А.А.Юрчак*

О заявлении президента Ассоциации А.Н.Алешкина о добровольном отказе от своего поста участников собрания проинформировал вице-президент Л.Г.Грабовец.

В связи с отсутствием по уважительной причине на собрании А.Н.Алешкина было решено отложить рассмотрение его заявления до следующего общего собрания, а за это время провести консультации по подбору кандидатуры на пост президента Ассоциации. ■

О необходимости расширения членской базы регионального объединения работодателей рассказал советник президента Союза промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга А.Н.Межевич.

С деятельностью детского благотворительного фонда «Милосердие детям-сиротам» познакомил его директор В.Д.Ковалевский.

В обсуждении докладов и информации приняли участие И.Л.Вайсман, Л.Г.Грабовец, В.Ю.Дорофеев, С.П.Максименко, Т.И.Чекалова, А.А.Юрчак и другие.



*В зале заседания*

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (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 621.039.533.6+621.431 **Ключевые слова:** Северное ПКБ, корабль, проектирование

**В.И. Спиридопуло. Северному ПКБ – 70 лет // Морской вестник. 2016. №1 (57). С. 1**

Знакомит с историей становления и развития Северного ПКБ, которому в этом году исполнится 70 лет, проектами кораблей, разработанными его конструкторами, техническими характеристиками и особенностями вооружения. Ил. 2.

УДК 629.5.33 (091) **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», судно смешанного река-море плавания, проектирование, модернизация, конкуренция

**В.В. Шаталов, Ю.И. Рабазов. Вклад конструкторского бюро «Вымпел» в создание конкурентоспособных судов смешанного река-море плавания в условиях переходной экономики // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 11**

Рассмотрена работа КБ «Вымпел», в условиях переходной экономики. Особое внимание уделено модернизации речных грузовых судов для возможности их эксплуатации в морских условиях и повышения конкурентоспособности. Приведены результаты проектирования судов смешанного река-море плавания (пр. 01010, 001, 00200 и 00206, 00216). Ил. 11. Библиогр. 5 назв.

УДК 623.823.2 **Ключевые слова:** корвет, военное кораблестроение, проектирование, международный конкурс

**Д.Ю. Литинский. Корвет проекта GOWIND 2500 ВМС Египта // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 15**

Представлен краткий анализ усилий компании «DCNS» в сегменте средних боевых надводных кораблей за последнее десятилетие, даны краткое техническое описание корвета пр. GOWIND 2500 для ВМС Египта, а также оценка некоторых использованных в проекте основных технических решений, их достоинств и недостатков по сравнению с применяемыми в отечественной практике. Ил. 15. Библиогр. 11 назв.

УДК 629.02:624.042.49 **Ключевые слова:** дизель-электрический ледокол, модернизация, проектирование

**В.А. Мацкевич, О.Я. Тимофеев, А.Ф. Судеревский. Возрождение неатомного ледоколостроения России. Часть 1 // Морской вестник. 2016. №1 (57). С. 22**

Подробно знакомит с проектированием современных дизель-электрических ледоколов универсального назначения «Москва» и «Санкт-Петербург». В этой работе принимали участие ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и ЦКБ «Балтсудпроект», которые успешно справились с новыми задачами, стоящими перед отечественным судостроением. Продолжение следует. Т. 1. Ил. 11.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** система «Дунай-Майн-Рейн», баржи-секции типа «Европа-2Б», металлоемкость конструкции, прочность, повреждения, грузовые операции, предельный момент сопротивления, пр. RDB06, RDB11, 16350У, 16350МДЛ, 16350МДЛ-С, продольная и поперечная системы набора корпуса

**Г.В. Егоров, О.Г. Егорова. Сухогрузные баржи типа «Европа-2Б» проектов 16350У, 16350МДЛ, 16350МДЛ-С, RDB06 и RDB11 для работы в системе Дунай-Майн-Рейн // Морской вестник. 2016. №1 (57). С. 27**

Рассмотрена история создания судов типа «Европа-2Б», главные размеры которых максимально приближены к путевым ограничениям водных путей системы «Дунай-Майн-Рейн». Проанализированы опасности, которые могут привести к повреждению корпуса барж в течение всего срока службы, в том числе во время погрузки-выгрузки. Сравнительный анализ показал значительное превосходство корпусов барж,

набранных по продольной системе набора, над корпусами барж с традиционной поперечной системой. Предложен набор конструктивных мер по улучшению прочности и надежности рассмотренных барж, положительно влияющих на показатели экономической эффективности. Т. 6. Ил. 8. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.355:658.2 **Ключевые слова:** контейнер, конструкция, крышка, кулисный механизм, материал, назначение, особенность, привод, удельная

**А.Ю. Мазуренко. Подходы к проектированию современных контейнеров, предназначенных для эксплуатации специзделий // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 33**

Дан обзор современных контейнеров, применяемых для транспортировки и хранения специзделий. Показаны конструктивные особенности рассматриваемых контейнеров, их преимущества и актуальность использования. Указаны преимущества использования привода с кулисным механизмом. Т. 1. Ил. 5. Библиогр. 9 назв.

УДК 519.71 **Ключевые слова:** динамическая непотопляемость, система интегрированных функций, принцип конкуренции, среда взаимодействия

**Ю.И. Нечаев, О.Н. Петров. Динамическая непотопляемость судов на основе модифицированной системы итерированных функций // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 39**

Обсуждается динамическая непотопляемость судов на базе современной теории катастроф. Основное внимание уделяется интерпретации динамики аварийного судна в задачах идентификации, аппроксимации и прогноза при воздействии интенсивных внешних возмущений. Практическое применение вычислительного комплекса рассмотрено в рамках модифицированной системы итерированных функций (СИФ). Организация вычислительных процедур СИФ реализована в рамках принципа конкуренции и позволяет обеспечить непрерывный контроль поведения аварийного судна в сложной динамической среде. Ил. 8. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.039.533.6+621.165 **Ключевые слова:** ПАО «Выборгский судостроительный завод», новая технология, крупнооблочное строительство, преимущества, опыт

**А.С. Соловьев. Крупнооблочное строительство судов как решение для больших и сложных проектов в судостроении // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 45**

Дана характеристика современного судостроения, приведен опыт внедрения нового оборудования и новых технологий на ПАО «Выборгский судостроительный завод», описана тенденция развития мирового судостроения, раскрыты понятия и термины технологии крупнооблочного судостроения и приведены исторические факты формирования основных направлений внедрения и развития этой технологии на зарубежных верфях. Указано на необходимость разработки теории, принципов организации, внедрения и развития технологии интегрированного крупнооблочного строительства и указаны мероприятия, которые необходимо предпринять для решения этой задачи. Ил. 2. Библиогр. 7 назв.

УДК 539.3 **Ключевые слова:** иллюминатор высокого давления, конструкция, обжимная шайба, технология

**Н.М. Вихров, А.А. Шнуренко, В.П. Лянзберг. Основные особенности конструкции, технологии изготовления и экспериментальных исследований иллюминаторов высокого давления с применением обжимных шайб // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 51**

Проанализированы предложенные конструкции иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска и обложки из органического и силикатного стекла с использованием обжимных шайб. Отмечено, что положительный результат достигается при точном опре-

делении конструктивных и технологических параметров как элементов, так и сборки. Предложена схема испытательной камеры, которая позволяет решать технологические вопросы на различных этапах изготовления иллюминаторов и проводить исследования для определения причины их разрушения. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5.024.001 **Ключевые слова:** монтажное соединение, непроизводительные трудозатраты, материалоемкость, энергопотребление, напряженное состояние, сборочно-сварочные работы, прочность, ступенчатая нагрузка, тензорезисторы, измерительный мост

**А.Я. Розин, В.А. Шатилов, В.В. Логунов. Комплексная оценка измененной технологии выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 52**

Приведены результаты оценки остаточных сварочных напряжений при традиционной и измененной последовательности выполнения сборочно-сварочных работ, а также сведения о прочности и работоспособности соединений при действии растягивающей и изгибающей циклической нагрузки, описаны исследования изменения трудозатрат процесса сборки монтажных соединений, представлен расчетный анализ расхода металла, электродов, электроэнергии, кислорода, ацетилен и сжатого воздуха при реализации изменений технологии выполнения монтажных соединений судовых корпусных конструкций. Т. 3. Ил. 8.

УДК 667.661.1 **Ключевые слова:** концерн «Морфлот», легко воспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), лакокрасочные материалы (ЛКМ), хранение, станция смешения ЛКМ

**С.Г. Филимонов, К.Д. Шмолдаев. Давайте правильно хранить лакокрасочные материалы // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 57**

Концерн «Морфлот» разработал мобильную станцию смешения ЛКМ, обеспечивающую потребности заказчика в организации мест хранения ЛКМ и ЛВЖ суточного или недельного потребления в непосредственной близости от места выполнения работ. Она представляет собой взрыво- и пожаробезопасный мобильный складской комплекс, поддерживающий необходимый для хранения микроклимат. Ил. 1.

УДК 629.5048.1625.61.087 **Ключевые слова:** инновации, форум, презентация

**Б.А. Горелик. Экономические и организационно-технические предпосылки внедрения в производство инновационных продуктов // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 58**

Сообщение о презентации инновационных проектов, проходившей в рамках инновационного форума, состоявшегося в Санкт-Петербурге. Приведены требования экспертов к таким проектам и сделан акцент на основных критериях, положенных в основу их оценки.

УДК 658.531 **Ключевые слова:** система сбалансированных показателей, финансовое моделирование, финансовый цикл, себестоимость, эффективность деятельности

**А.В. Иванкович. Стратегические аспекты управления финансовым циклом в системе сбалансированных показателей // Морской вестник. 2016. №1 (57). С. 61**

Рассмотрены стратегические аспекты управления финансовым циклом в системе сбалансированных показателей. Предложено использовать квазифинансовый механизм взаимоотношений, под которым понимается совокупность отношений, возникающих при установлении внутренними стандартами системы финансовых и нефинансовых показателей, ориентирующих подразделения предприятия на достижение стратегических финансовых целей. Показан способ формирования этих отношений. Библиогр. 2 назв.



УДК 338.24.01:338.246.8 **Ключевые слова:** импортозамещающая индустриализация, экономическая политика, протекционизм, развивающиеся страны

**А.В. Титов. Теория и практика реализации стратегии импортозамещения в развивающихся странах в середине XX в. и начале XXI в. // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 63**

Рассмотрена теория и практика реализации стратегии импортозамещения в развивающихся странах в период с середины XX в. до начала XXI в. Исследованы подходы экономистов середины XX в. к проблеме импортозамещения. Проанализированы государственная политика импортозамещения в Республике Беларусь и ее результаты. С учетом предшествующего опыта и современных экономических условий, характеризующихся глобализацией и либерализацией международной торговли даны рекомендации для реализации импортозамещения в РФ в целях преодоления зависимости от экспорта сырьевых товаров. Библиогр. 9 назв.

УДК 621.316.549 **Ключевые слова:** судовые системы электроснабжения и электропитания, бесперебойное электроснабжение, системы безопасности

**К.Ю. Шилов, С.Н. Сурин, А.Е. Федоров, Ю.А. Губанов. Судовые системы электроснабжения и электропитания // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 65**

Проанализированы существующие подходы к построению систем электроснабжения и электропитания на судах. Предложен новый подход, основанный на организации бесперебойного электроснабжения (БЭ). Представлены сведения об АУБЭС – агрегатированной установке бесперебойного электроснабжения, являющейся основным системообразующим компонентом при реализации подхода БЭ. Рассмотрены возможности применения предлагаемого подхода для систем безопасности на судах с ЯЭУ и на неатомных судах. Предложены оценки эффективности реализаций. Т. 2. Ил. 9. Библиогр. 7 назв.

УДК 621.314 **Ключевые слова:** гидромашин, гидравлическое оборудование, судовой гидропривод, развитие

**Д.С. Пахомов, Д.В. Ракитский, В.А. Эпитов. Опыт проектирования и перспективы развития судового гидравлического оборудования и гидросистем // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 71**

Изложен опыт работ ЦНИИ СМ по освоению и созданию объемных гидромашин, гидравлического оборудования и систем гидравлики для судового и корабельного гидропривода, а также обозначены перспективы их развития. Ил. 11. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.12.037.21 **Ключевые слова:** Пропульсивный комплекс, привод Арнесона, частично погруженные винты, безразборные методы диагностики

**А.С. Жильцов. Влияние положения привода Арнесона на эксплуатационные характеристики главного двигателя // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 77**

Двухвалвные пропульсивные комплексы с частично-погруженными винтами применяются на быстроходных судах различного назначения. Анализ загрузки и исследования судов показал низкую интенсивность их эксплуатации. Неисправности наблюдались на всех пропульсивных комплексах. На базе судов с приводами Арнесона разработана методика контроля технического состояния пропульсивного комплекса на основе безразборных методов диагностики. Ил. 7. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.436 **Ключевые слова:** отработавшие газы, тепловой двигатель, очистка, охлаждение, исследования, установка, канал сепаратора, испытания, графики

**П.В. Наливкин, А.Н. Гаврилова. Очистка и охлаждение отработавших газов теплового двигателя // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 81**

Приведены результаты работы предприятия «Винета» по разработке и изготовлению установки очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя. Приведены графики, полученные при стендовых испытаниях установки; показаны достоинства спроектированной установки. Ил. 10. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.642.2 **Ключевые слова:** анаэробная энергетическая установка, неатомная подводная лодка, резервуар (емкость) хранения криогенных жидкостей, акустическая эмиссия, техническое состояние

**А.Н. Казаринов. Методика оценки остаточного ресурса резервуаров для хранения криогенных жидкостей на не-**

**атомных подводных лодках с анаэробной энергетической установкой // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 85**

Предложен способ оценки остаточного ресурса резервуаров (емкостей) для хранения криогенных жидкостей на неатомных подводных лодках с анаэробной энергетической установкой на основе экспериментальных данных, полученных в результате стендовых испытаний методом акустической эмиссии. Ил. 4. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.5.061 **Ключевые слова:** технологический процесс, автоматизация, управление динамическими объектами, интегрированная мостиковая система

**А.М. Тихоненко, П.В. Голубев. Интегрированные мостиковые системы как универсальный инструмент управления судовыми техническими средствами // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 89**

Рассмотрен перечень основных задач, решаемых сегодня на борту морских и речных судов, а также воплощение этих решений в современных интегрированных мостиковых системах. Ил. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.300.519.68 **Ключевые слова:** многоканальный мониторинг, разладка, сингулярное разложение, предаварийный контроль

**А.В. Макшанов, Т.В. Попович. Разработка алгоритмов слияния многоканальных данных в системах мониторинга судовых объектов // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 91**

Работа посвящена алгоритмам reductions многомерных текущих измерений с целью раннего обнаружения предаварийных ситуаций. Предложены технологии слияния данных для раннего обнаружения разладки векторного процесса измерений на основе сингулярных разложений матрицы данных. Основой этих технологий является теорема Эккарта-Янга, согласно которой сингулярное разложение решает задачу аппроксимации матрицы матрицы пониженного ранга. Один из вариантов данного подхода иногда называют иммуноклюптингом и рассматривают в рамках нейробиологического направления в теории искусственного интеллекта. Главное достоинство этого подхода применительно к задачам слияния многоканальных данных состоит в том, что он не использует идеи центрирования относительно среднего, что позволяет отказаться от традиционной модели класса (ситуации) в виде реализации  $n$  гауссовых векторов с общим центром, выступающим в качестве «идеального представителя класса». Его можно рассматривать как аналог, например, факторного анализа при альтернативной конструкции матрицы рассеяния. Ил. 3. Библиогр. 16 назв.

УДК 623.8/9 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат (БПЛА), наблюдение, разведка, рекогносцировка, управление, взлет, посадка, боевой корабль, палуба, военно-морские силы

**Г.П. Дремлюга. Беспилотные летательные аппараты корабельного базирования // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 95**

Содержит данные о беспилотных летательных аппаратах, которые разрабатываются в различных странах для использования на борту боевых кораблей. Показаны задачи, решаемые корабельными БПЛА, даны их краткие оперативно-технические характеристики, рассмотрены способы взлета с палубы кораблей и посадки на палубу. Ил. 11. Библиогр. 8 назв.

УДК 623.746.-509 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, посадка на движущийся носитель, точка прицеливания

**С.Н. Шаров. Один из вариантов возвращения беспилотного летательного аппарата на судно-носитель // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 101**

Приведены основные расчетные соотношения, определяющие особенности траектории движения в горизонтальной плоскости для сблизания беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с судном-носителем, обеспечивающие условия для захвата его судовой системой управления и приведение к посадочному устройству. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.376.22 **Ключевые слова:** усилители, генераторы, классы D и E, широтно-импульсная модуляция, коэффициент гармоник, модуляционная характеристика

**В.В. Николаев, М.Ю. Плотников, А.А. Толстоусов. Метод расчёта нелинейных искажений и спектра выходного сигнала по модуляционной характеристике радиопередающего устройства // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 103**

Предложен метод расчета искажений выходного сигнала радиопередающего устройства (РПДУ) с ключевыми модуля-

тором и радиочастотным генератором по аналитически заданной модуляционной характеристике устройства, исключаяющий этап нахождения коэффициентов ряда Фурье. Получены математические соотношения, связывающие уравнения выходного напряжения РПДУ, коэффициента искажений, законов широтно-импульсной модуляции и амплитуды спектральных составляющих сигнала. Библиогр. 4 назв.

УДК 656.6.551.48 **Ключевые слова:** системы навигационно-гидрографического обеспечения безопасности и контроля судоходства, морская доктрина, концепция создания комплексной системы безопасности плавания

**П.И. Малеев, П.Г. Бродский, В.Ю. Бахмутов, Е.И. Руденко. О необходимости разработки Концепции создания комплексной системы обеспечения навигационной безопасности плавания // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 107**

Приведены результаты анализа состояния навигационно-гидрографического обеспечения безопасности плавания и контроля судоходства в РФ. Показаны их несоответствие современным требованиям. Обсуждены необходимость разработки комплексной системы обеспечения навигационной безопасности.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** аварии судов, медицинская помощь, нормативная и правовая база, дистанционная медицинская консультация, морские спасательно-координационные центры

**Е.В. Казакевич, В.Л. Архиповский, О.К. Бумай. Морские медицинские консультативные центры как элемент системы медицинского обслуживания плавосостава морских судов // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 112**

Рассмотрены актуальные проблемы совершенствования организации оказания медицинской помощи как составной части спасательных операций плавосостава морского флота РФ. Даны конкретные рекомендации по созданию Арктического морского медицинского консультационного центра и его законодательного оформления. Ил.1.

УДК 656.6 **Ключевые слова:** НПП «Респиратор», погружения, незамерзающий акваланг, водолазная техника

**А.А. Брызгалкин. Инновационные разработки водолазной техники НПП «Респиратор» // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 115**

Знакомит с продукцией НПП «Респиратор»: дыхательными аппаратами для водолазов и подводников, незамерзающими аквалангами. Приведены результаты их испытаний в арктических условиях. Ил. 3.

УДК 629.5.012.014 **Ключевые слова:** эргономические сложные системы, «человеческий фактор», безопасность мореплавания, морская платформа, живучесть судна, сложная система «человек-судно-инфраструктура», погоня за прибылью

**П.А. Шауб. Чтобы реже звучал сигнал SOS // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 116**

На основе анализа морских катастроф сделан вывод о необходимости более широкого внедрения фундаментальных основ эргономики при создании таких сложных систем, как «человек-судно-инфраструктура». Рассмотрены предпосылки, ведущие к обеспечению безопасности плавания с учетом «человеческого фактора». Показана необходимость учета не отдельных фрагментов работы диспетчеров, а всего личного состава сложной системы «человек – судно», его структурно-функциональных связей. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.123 **Ключевые слова:** «Norshipping-2015», морская энергетика, инновации, экология, экономическая эффективность, оффшорная техника

**Е.А. Горин, К.С. Чернов. Мировое судоходство и морская техника. Часть 2. Проекты и технологии (по итогам «Norshipping-2015») // Морской вестник. 2016. №1(57). С. 119**

Обсуждаются новые тенденции в мировом судостроении и оффшорной технике, использование современных технологий. Приведены наиболее интересные проекты и технические решения, представленные на выставке «Norshipping-2015». Особое внимание уделено повышению экономической эффективности и экологической безопасности судов и объектов оффшорной техники, а также применению энергосберегающих технологий и новым видам энергогенерации. Т. 4. Ил. 20. Библиогр. 25 назв.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor "MathType." Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol

SUMMARIES

UDC 621.039.533.6+621.431 **Key words:** Severnoye Design Bureau, ship, designing

**V.I.Spiridopulo. Severnoye Design Bureau – 70 years // Morskoy Vestnik. 2016. №1 (57). P. 1**

Introduction to the history of establishment and development of the Severnoye Design Bureau, which this year celebrates its 70<sup>th</sup> anniversary, of ship designs developed by its designers, of technical characteristics and peculiarities of the arms inventory. Fig. 2

UDC 629.5.33 (091) **Key words:** Design office «Vypel», vessel of combined (river-sea) navigation, designing, modernization, competition

**V.V.Shatalov, Yu.I.Rabazov. Contribution of the design office «Vypel» to construction of combined (river-sea) navigation able to meet competition under the conditions of transitional economy // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 11**

The work of the design bureau «Vypel» under the conditions of transitional economy is reviewed. Particular attention is paid to modernization of river cargo vessels for the purpose of their operation under sea conditions and increase in competitive ability. The results of designing combined (river-sea) navigation vessels are given (ex. 01010, 001, 00200 and 00206, 00216). Fig. 11. Bibliography 5 titles

UDC 623.823.2 **Key words:** corvette, naval construction, designing, international competition

**D.Yu.Litinsky. Corvette of the GOWIND 2500 design of the Egyptian Navy // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 15**

A brief analysis of efforts of the DCNS Company in the area of average surface ships over the last decade and a brief technical description of the corvette of the GOWIND 2500 design are given, some of the technical solutions used in the design, their advantages and disadvantages as compared to those used in the Russian practice are assessed. Fig. 15. Bibliography 11 titles.

UDC 629.02:624.042.49 **Key words:** diesel-electric ice-breaker, modernization, designing

**V.A.Matskevich, O.Ya.Timofeev, A.F.Suderevsky. Revival of non-atomic ice-breaker construction in Russia. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №1 (57). P. 22**

The details of the design of modern diesel-electric all-purpose ice-breakers «Moskva» and «Sankt-Peterburg» are given. This work involved Krylov State Research Center and Central Design Office «Baltsudproekt» that managed to deal with new tasks of the Russian ship construction successfully. To be continued. T. 1. Fig. 11.

UDC 629.5 **Key words:** «Danube-Main-Rhine» system, section barges «Europe-2B», specific content of metal of the construction, damage, cargo handling, ultimate resistance moment, ex. RDB06, RDB11, 1635OU, 1635OMDL, 1635OMDL-S, longitudinal and transverse skeleton framing systems

**G.V.Egorov, O.G.Egorova. Dry cargo barges of the «Europe-2B» type of the 1635OU, 1635OMDL, 1635OMDL-S, RDB06 and RDB11 designs for operations in the Danube-Main- Rhine system // Morskoy Vestnik. 2016. №1 (57). P. 27**

The history of creation of vessels of the «Europe-2B» type with principal dimensions being as close as possible to the limitations of the waterways of the «Danube-Main-Rhine» system is reviewed. The hazards potentially leading to barge hull damage during the complete time of their service are analyzed, including those existing during handling

processes. A comparative analysis has shown a substantial advantage of barge hulls of the longitudinal skeleton framing system over barges of the traditional transverse skeleton framing system. A set of constructive measures for increasing integrity and reliability of the analyzed barges is suggested, such measures having a positive influence on the economic efficiency indices. T. 6. Fig.8. Bibliography 4 titles.

UDC 621.355:658.2 **Key words:** container, construction, cover, link mechanism, material, purpose, peculiarity, drive, impact

**A.Yu.Mazurenko. Approaches to designing of modern containers for operating of special products // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 33**

Modern containers used for transportation and storage of special products are reviewed. The constructive peculiarities of the reviewed containers, their advantages and applicability are shown. The advantages of implementing a link-mechanism drive are indicated. T. 1. Fig. 5. Bibliography 9 titles.

UDC 519.71 **Key words:** dynamic resistance to flooding, iterated functions system, competition principle, collaborative environment

**Yu.I.Nechaev, O.N.Petrov. Dynamic resistance to flooding of vessels based on the modified iterated functions system // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 39**

Dynamic resistance to flooding is discussed on the basis of the modern catastrophe theory. Main focus is given to interpretation of dynamics of a vessel in distress in the tasks of identification, approximation and prognosis under the influence of intense external disturbances. Practical application of the computing complex is reviewed in the framework of the modified iterated functions system (MFS). Organization of MFS computing procedures is realized in the context of the competition principle and allows continuous control over the actions of a vessel in distress in a challenging dynamic environment. Fig. 8. Bibliography 11 titles.

UDC 621.039.533.6+621.165 **Key words:** PJSC «Vyborg Shipyard», new technology, large-block construction, advantages, experience

**A.S.Solov'ev. Large-block construction of vessels as a solution for large-scale and complex designs in ship construction // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 45**

The characteristics of the modern ship construction is given along with the experience of introduction of new equipment and technologies in the PJSC «Vyborg Shipyard», development tendencies of the global ship construction are described, terms and notions of the technology of large-block construction are explained and historical facts of establishment of new directions of introduction and development of this technology in foreign shipyards are given. The necessity of developing the theory, organization, introduction and development principles of large-block construction is indicated and the measures required to solve this task are suggested. Fig. 2. Bibliography 7 titles.

UDC 539 3 **Key words:** high-pressure ports, construction, clamping washer, technology

**N.M.Vikhrov, A.A.Shnurenko, V.P.Lyanzberg. Basic features of construction, manufacturing technology and experimental research of high-pressure ports using clamping washers // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 51**

The suggested constructions of high-pressure ports with a translucent element in the form of a disc and a cover of organic or silicate glass using clamping washers are analyzed.

It is noted that the positive result can be achieved with precise determination of constructive and technological parameters of the elements and the assembly. The design of a testing chamber is suggested allowing solution of technological issues at various stages of manufacturing ports and research to determine the reasons for their destruction. Fig.1. Bibliography 4 titles.

UDC 629.5.024.001 **Key words:** on-site connection, non-productive labour inputs, materials intensity, energy intensity, stress condition, assembly and welding operations, durability, step load, resistance strain gauges, measurement bridge

**A.Ya.Rozinov, V.A.Shatilov, V.V.Logunov. Complex assessment of the modified technology of performing on-site connections of ship hull structures // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 52**

The results of the evaluation of residual welding stresses after the traditional and modified procedure of assembly and welding operations and the information concerning durability and working capacity of such connections under stretching and bending loads are given, researches of labour inputs of the assembly process of on-site connection are described, a design analysis of demand for metals, electrodes, power, oxygen, acetylene and compressed air in the event of realization of the modifications in the technology of performing on-site connections of ship hull structures is given. T. 3. Fig.8.

UDC 667.661.1 **Key words:** «Morflot» concern, highly flammable liquids (HFL), paintwork materials, storage, paintwork materials mixing station

**S.G.Filimonov, K.D.Shmoldae. Let's store paintwork materials correctly // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 57**

The «Morflot» concern has developed a mobile paintwork materials mixing station providing for the customer's needs concerning organization of storage places for HFL and paintwork materials of daily or weekly consumption in the vicinity of the site of operations. It is an explosion and fire protected mobile warehouse complex maintaining the microclimate required for storage. Fig. 1.

UDC 629.5048.1625.61.087 **Key words:** innovations, forum, presentation

**B.A.Gorelik. Economic and organizational and technical prerequisites of introduction of innovative products into production // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 58**

A notice of the presentation of innovative products conducted in the context of the innovation forum in Saint-Petersburg. The experts' requirements to such projects are given, the basic criteria in the basis of their evaluation are highlighted.

UDC 658.531 **Key words:** balanced score card, financial modelling, financial cycle, prime cost, efficiency of activity

**A.V.Ivankovich. Strategic aspects of managing the financial cycle in the balanced score card system // Morskoy Vestnik. 2016. №1 (57). P. 61**

The strategic aspects of managing the financial cycle in the balanced score card system are reviewed. It is suggested that a quasi-financial interrelation mechanism should be used, this mechanism being a complex of relations appearing when the internal standards set the system of financial and non-financial indices that orient enterprises towards achieving strategic financial goals. The method of forming such relations is shown. Bibliography 2 titles



- UDC 338.24.01: 338.246.8 **Key words:** import-substituting industrialization, economic policy, protectionism, developing economies
- A.V.Titov. Theory and practice of implementation of the import substitution strategy in developing economies in the middle of the 20<sup>th</sup> and the beginning of the 21<sup>st</sup> century // Morskoy Vestnik. 2016. № 1(57). P. 63**
- Theory and practice of implementation of the import substitution strategy in developing economies in the middle of the 20<sup>th</sup> and the beginning of the 21<sup>st</sup> century are reviewed. Mid-20<sup>th</sup> century economists' approaches to the import substitution problem are evaluated. The national import substitution policy in the Republic of Belarus and its results are analyzed. Taking into consideration the past experience and modern economic conditions characterized by globalization and liberalization of international commerce, recommendations for realization of import substitution in Russia in order to overcome the existing dependency upon export of raw materials are given. Bibliography 9 titles.
- UDC 621.316.549 **Key words:** ship power supply systems, uninterrupted power supply, security systems
- K.Yu. Shilov, S.N. Surin, A.E. Fyodorov, Yu.A. Gubanov. Ship power supply systems // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 65**
- The existing approaches to building ship power supply systems are analyzed. A new approach is suggested based on organization of uninterrupted power supply (UPS). The information about an integrated plant of uninterrupted power supply (IPUPS) being the basic backbone component in organizing the UPS approach is given. The possibilities of using the suggested approach for the security systems on vessels with NPPs and non-atomic vessels. Evaluations of the efficiency of realizations are suggested. T. 2. Fig. 9. Bibliography 7 titles.
- UDC 621.314 **Key words:** hydraulic unit, hydraulic equipment, ship hydraulic drive, development
- D.S. Pakhomov, D.V. Rakitsky, V.A. Epitov. The experience of designing and the prospects of development of ship hydraulic equipment and hydraulic systems // Morskoy Vestnik. 2016. № 1(57). P. 71**
- The experience of the Central Research Institute of Marine Engineering in development and construction of hydraulic units, hydraulic equipment and hydraulic systems for the ship hydraulic drive is described, the prospects of their development are represented. Fig. 11. Bibliography 2 titles.
- UDC 629.12.037.21 **Key words:** propulsion unit, Arneson surface drive, surface piercing propellers, in-place diagnostics methods
- A.S. Zhiltsov. The influence of the Arneson surface drive position upon operational properties of the main motor // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 77**
- Two-shaft propulsion units with surface piercing propellers are used in fast ships of various purposes. The analysis of utilized capacity of the researched vessels indicates low intensity of operation. Various faults were observed in all propulsion units. Basing on vessels with Arneson surface drives, the methods of controlling the technical condition of the propulsion unit based on in-place diagnostics methods were developed. Fig. 7. Bibliography 5 titles.
- UDC 621.436 **Key words:** exhaust gases, heat engine, cleaning, cooling, research, installation, separator channel, tests, graphs
- P.V. Nalivkin, A.N. Gavrilova. Cleaning and cooling of exhaust gases of heat engines // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 81**
- The results of the works of «Vineta» enterprise aimed at development and manufacturing a cleaning and cooling unit for exhaust gases of heat engines are given along with graphs obtained during bench tests of the unit; the advantages of the designed unit are demonstrated. Fig. 10. Bibliography 5 titles.
- UDC 621.642.2 **Key words:** anaerobic propulsion machinery, non-atomic submarine, reservoir (container) for storing cryogenic liquids, acoustic emission, technical condition
- A.N. Kazarinov. Methods of evaluation of residual life of reservoirs for storing cryogenic liquids in non-atomic submarines with anaerobic propulsion machinery // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 85**
- A method of evaluation of residual life of reservoirs (containers) for storing cryogenic liquids in non-atomic submarines with anaerobic propulsion machinery is suggested basing on experimental data obtained as a result of bench tests by means of acoustic emission. Fig. 4. Bibliography 10 titles.
- UDC 629.5.061 **Key words:** technological process, automation, dynamic objects management, integrated bridge system
- A.M. Tikhonenko, P.V. Golubev. Integrated bridge systems as a universal tool of management of ship technical means // Morskoy Vestnik. 2016. № 1(57). P. 89**
- The list of the primary tasks currently being solved on board sea and river vessels and realization of such solutions in modern integrated bridge systems are reviewed. Fig. 1. Bibliography 7 titles.
- UDC 681.300:519.68 **Key words:** multi-channel monitoring, maladjustment, singular decomposition, pre-fault control
- A.V. Makshanov, T.V. Popovich. Development of algorithms of merging multi-channel data in systems of monitoring of ship objects // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 91**
- The work is dedicated to algorithms of reduction of multi-dimensional current changes for the purposes of early detection of pre-fault situations. Technologies of merging data for early detection of maladjustment of vector change process basing on singular decomposition of data matrix are suggested. These technologies are based on the Eckart-Young theorem stating that singular decomposition solves the task of approximation of the matrix with a matrix of a lowered rank. One of the variants of this approach is sometimes referred to as immunocomputing and analyzed in the context of neurobiological area in the theory of artificial intelligence. The main advantage of this approach in respect to the tasks of merging multi-channel data is that it does not use the ideas of centering in relation to the average, which allows refusing from the traditional model of the class (situation) as realization of  $n$  Gaussian vectors with the common center being an «ideal» class representative. It can be analyzed as an analogue for e.g. factor analysis during alternative construction of the scattering matrix. Fig. 3. Bibliography 16 titles.
- UDC 623.8/9 **Key words:** unmanned aerial vehicle (UAV), observation, intelligence, reconnaissance, control, takeoff, landing, combat ship, deck, naval forces
- G.P. Dremlyuga. Shipborne unmanned aerial vehicles // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 95**
- The work contains data concerning unmanned flying vehicles developed in different countries to be used on board combat ships. The tasks solved by shipborne UAVs are stated, their brief operational and technical capabilities are given, the methods of takeoff from and landing onto the deck are reviewed. Fig. 11. Bibliography 8 titles.
- UDC 623.746. – 509 **Key words:** unmanned aerial vehicle, landing on a moving vessel, aiming point
- S.N. Sharov. One of the variants of returning an unmanned aerial vehicle to the parent vessel // Morskoy Vestnik. 2016. № 1(57). P. 101**
- The basic design ratio defining the peculiarities of the movement trajectory in a horizontal plane for approach of an unmanned aerial vehicle (UAV) with its parent vessel providing the required conditions for its capture by the ship controlling system and bringing to the landing device are given. Fig. 3. Bibliography 4 titles.
- UDC 621.376.22 **Key words:** amplifiers, generators, D and E classes, pulse-width modulation, harmonic factor, control characteristic
- V.V. Nikolaev, M.Yu. Plotnikov, A.A. Tolstousov. Method of calculation of non-linear distortions and output spectrum basing on the control characteristic of the radio transmitting equipment // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 103**
- A method of calculation of distortions of the output signal of the radio transmitting equipment (RTE) with a key modulating electrode and radiofrequency generator basing on the analytically set control characteristic of the device is suggested, which excludes the stage of determining the Fourier series factors. Mathematical correlations were obtained, which connect the output voltage equations of the RTE, distortion factor, laws of pulse-width modulation and range of the spectral components of the signal. Bibliography 4 titles.
- UDC 656.6.551.48 **Key words:** systems of navigational and hydrographic support of safety and navigation control, maritime doctrine, concept of creating an integrated navigation safety system
- P.I. Maleev, P.G. Brodsky, V.Yu. Bakhmutov, E.I. Rudenko. Concerning the necessity of developing an integrated system of providing navigational support of navigation // Morskoy Vestnik. 2016. № 1(57). P. 107**
- The results of the analysis of the condition of navigational and hydrographic support of safety and navigation control in Russia are given. Their non-conformity to the modern requirements is demonstrated. The necessity of developing an integrated system of providing navigational safety is justified.
- UDC 627.77 **Key words:** wrecking, medical assistance, regulatory and legal framework, remote medical advisement, marine rescue coordination centers
- E.V. Kazakevich, V.L. Arkhipovsky, O.K. Bumai. Marine rescue coordination centers as an element of the system of medical attendance of shipboard personnel of sea vessels // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 112**
- The current problems of advancing the organization of providing medical assistance as a part of rescue operations of shipboard personnel in the Russian Navy are reviewed. Specific recommendations concerning the establishment of an Arctic Medical Advisement Center and its statutory registration are given. Fig. 1.
- UDC 656.6 **Key words:** SPE «Respirator», diving, freeze-resistant diving suit, diving
- A.A. Bryzgalin. Innovative developments of diving equipment of the SPE «Respirator» // Morskoy Vestnik. 2016. №1 (57). P. 115**
- The work introduces products of the SPE «Respirator»: breathing apparatuses for skin and scuba divers, freeze-resistant diving suits. The results of their testing under arctic conditions are given. Fig. 3.
- UDC 629.5.01.2.014 **Key words:** ergonomic complex systems, «human element», navigation safety, sea platform, vessel survivability, complex system «human-vessel-infrastructure» pursuit of profits
- P.A. Shaub. So that the SOS signal occurred less often // Morskoy Vestnik. 2016. № 1 (57). P. 116**
- Basing in the analysis of sea catastrophes, the conclusion of the necessity of wider introduction of fundamental ergonomic basis in establishing such complex systems as «human-vessel-infrastructure» was made. The prerequisites leading to providing navigation safety with regard to «human element» are examined. The necessity of accounting for the work if the complete personnel of the complex system «human-vessel-infrastructure» and its structural and functional relations rather than for individual fragments of the dispatchers' work. Bibliography 9 titles.
- UDC 629.123 **Key words:** «Norshipping-2015» sea energy production, innovations, ecology, economic efficiency, offshore technologies
- E.A. Gorin, K.S. Chernov. Global navigation and marine facilities. Part 2. Designs and technologies (basing on the results of «Norshipping-2015») // Morskoy Vestnik. 2016. №1(57). P. 119**
- New tendencies in global ship construction and offshore technologies are discussed along with using up-to-date technologies. The most promising designs and technical solutions represented at the exhibition «Norshipping-2015» are given. Special emphasis is put on increasing economic efficiency and environmental safety of cargoes and offshore technology items as well as implementing power-saving technologies and new types of power generation. T. 4. Fig. 20. Bibliography 25 titles.