

Морской



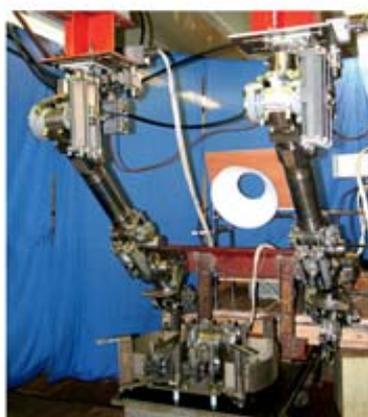
№3 (35)
сентябрь
2010
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



ЦНИИ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ



1970-2010

Конструкторское бюро по проектированию судов «Вымпел» является преемником созданного в 1927 г. Сормовского филиала ленинградского центрального бюро морского судостроения. Статус самостоятельной конструкторской организации КБ «Вымпел» приобрело в 1930 г., и вот уже 80 лет твердо удерживает лидирующие позиции на рынке отечественного судостроения. За это время разработано более 500 проектов судов и плавучих инженерных сооружений различного типа и назначения, по которым построено свыше 6500 судов на российских и зарубежных верфях.

История становления и практической деятельности КБ «Вымпел» неразрывно связана с историей страны, созданием и развитием отечественного флота. Участвуя в решении важнейших народно-хозяйственных задач, КБ «Вымпел» последовательно реализует и развивает основные направления своей деятельности.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ

Появление в 50 – 60-е гг. XX в. искусственных морей-водохранилищ, изменивших условия плавания, сделало необходимым строительство судов принципиально новых типов. Началось интенсивное развитие речного флота, в совершенствование которого внес большой вклад коллектив КБ. По разработанной им документации были построены самые крупные в мире речные грузовые теплоходы типа «Волго-Дон» грузоподъемностью 5000 т. В 1973 г., после строительства третьей серии таких судов, благодаря постоянному совершенствованию конструкций, технологий и качества работ судам «Волго-Дон» пр. 507Б был присвоен государственный «Знак качества».



Речной сухогрузный теплоход «Волго-Дон»

В середине 70-х гг. коллективом КБ была успешно решена задача пополнения речного флота специализированными рефрижераторными судами для перевозки плодоовощной продукции из южных районов страны на Северо-Запад. На двух судостроительных заводах – Волгоградском и Рыбинском – было построено более 60 судов-овощевозов.

Создание единой транспортной системы, соединившей Азовское,

КОНСТРУКТОРСКОМУ БЮРО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СУДОВ «ВЫМПЕЛ» – 80 ЛЕТ

*Ю.И. Рабатов, канд. техн. наук, гл. конструктор,
В.В. Шаталов, проф. НГТУ, ген. директор, ОАО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 433 4149*

Балтийское, Белое, Каспийское и Черное моря, потребовало создания судов смешанного плавания. Тогда КБ «Вымпел» было разработано первое сухогрузное мелкосидящее морское судно, и в 1959 г. головной хлопколевоз «Инженер Белов» вошел в состав Каспийского пароходства. Хлопколевозы типа «Инженер Белов» зарекомендовали себя надежными и высокоэффективными судами. В 1962 – 1966 гг. в КБ был разработан проект мелкосидящего грузового теплохода дедвейтом 4150 т типа «Кишинев» и его дальнейших модификаций «Тикси» и «Советская Якутия». В результате дальнейшего развития и совершенствования мелкосидящих сухогрузных судов появились в 70-е гг. мелкосидящие контейнеровозы-пакетовозы дедвейтом 4000/5500 т типа «Василий Шукшин».

Создание судов смешанного река-море плавания, обеспечивающих бесперевалочные перевозки грузов и из речных портов магистральных рек в морские районы – еще одно направление деятельности ОАО КБ «Вымпел». В 1971 г. был спроектирован, а в 1972 г. построен и сдан в эксплуатацию головной сухогрузный теплоход «Якутск», положивший начало целому семейству судов смешанного плавания для рек Сибири и Дальнего Востока.

В 80 – 90-е гг. в КБ «Вымпел» продолжалась разработка проектов составных сухогрузных теплоходов (пр. 05074), овощевозов (пр. 19620), универсальных сухогрузных судов дедвейтом от 2800 до 4600 т.



Универсальный морской сухогруз

2000 г. ознаменовались выполнением ряда проектов новых судов смешанного плавания, в полной мере отвечающих требованиям заказчика и Международных конвенций по безопасности плавания, сохранения экологии и ох-

ране труда. Сухогрузные теплоходы пр. 01010 и пр. 00101 типа «Валдай» и «Русич» грузоподъемностью свыше 5000 т строились одновременно на нескольких заводах, в том числе на ОАО «ССЗ «Северная верфь» (Санкт-Петербург), ОАО «Красное Сормово» (Нижний Новгород), ОАО «Окская судовой верфь» (Навашино), ОАО «Зеленодольский ССЗ им. Горького».

ТАНКЕРНЫЙ ФЛОТ

В 50 – 60-е гг. для доставки грузов морем с заходом во внутренние водные пути помимо мелкосидящих сухогрузных морских судов были спроектированы нефтеналивные. Первый мелкосидящий танкер типа «Олег Кошевой» был построен по проекту КБ «Вымпел» в 1954 г., а в 1957 г. вступил в эксплуатацию головной танкер второй серии «Инженер А. Пустошкин», грузоподъемностью 2600/4000 т (в реке / в море). Эти суда успешно эксплуатировались Каспийским пароходством в течение 20 лет.

Позднее, в связи с изменением экономической ситуации в стране и массовым выходом судовладельцев на мировой рынок наступил очередной этап создания нефтеналивных судов смешанного плавания, КБ «Вымпел» первым из российских КБ спроектировал и обеспечил техническое сопровождение постройки танкера, удовлетворяющего самым современным требованиям. В 1995 г. на Волгоградском заводе по этому проекту был построен и сдан в эксплуатацию головной танкер «Колибри» дедвейтом 5200 т. Принципы, заложенные в проект танкера «Колибри», нашли свое дальнейшее развитие при разработке для АО «Волготанкер» танкера смешанного плавания дедвейтом 6600 т.

Из новых проектов танкеров, выполненных КБ «Вымпел» в 2000 – 2010 гг. следует отметить танкер дедвейтом 12 000 т. Строительство серии этих судов выполнено Выборгским судостроительным заводом по заказу компании НМСК «Казмортрансфлот». Особенность проекта заключалась в том, что габариты судна выбирались предельно допустимыми по

Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№3 (35)
сентябрь
2010

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Сопредседатели:

В.Л. Александров, генеральный директор
ОАО «Адмиралтейские верфи»,
президент Российского НТО судостроителей
им. акад. А.Н. Крылова

К.П. Борсенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

С.П. Алексеев, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»

С.П. Андрущук, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»

Н.М. Вихров, генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

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

Г.В. Егоров, генеральный директор
ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»

В.Н. Киреев, начальник управления ОАО «ОСК»

Л.М. Клячко, генеральный директор ОАО «ЦНИИ "Курс"»

С.Р. Комаров, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»

Е.В. Комраков, генеральный директор
ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт»

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

С.Л. Краусс, председатель Совета директоров
ООО «ИРИСОФТ»

Л.Г. Кузнецов, генеральный директор
ОАО «Компрессор»

А.П. Матлах, генеральный директор
ООО «НПО "Полярная звезда"»

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

Н.В. Орлов, председатель
Санкт-Петербургского Морского собрания

К.М. Пономарев, директор «Германишер Ллойд» в России

В.А. Середохо, генеральный директор
ОАО «Средне-Невский судостроительный завод»

И.Г. Смирнов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»

В.А. Солонько, генеральный директор
ЗАО «НПО Севзапспецавтоматика»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор
ОАО «Северное ПКБ»

Д.В. Суслов, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»

Г.В. Тарица, генеральный директор
ООО «ПКБ "Петробалт"»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн "МорФлот"»

А.Б. Фомичев, генеральный директор
ОАО «СЗ "Северная верфь"»

В.В. Шаталов, генеральный директор
ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор
ОАО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –
генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ "Алмаз"»

В.Е. Южнин, генеральный конструктор
ОАО «Северное ПКБ»

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

- Ю.И. Рабазов, В.В. Шаталов.** Конструкторскому бюро по проектированию судов «Вымпел» 80 лет 1
- Подъем Военно-морского флага на головной НАПЛ «Санкт-Петербург» 11
- Корабль «Triglav» укрепляет дружбу России и Словении 15
- ПКБ «Петробалт» – 15 лет 17
- В.М. Сержанин.** Тенденции развития корабельного состава служб Береговых охран иностранных государств 19

ДВИГАТЕЛИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- А.А. Арутюнян, Д.В. Суслов, В.Д. Завирухо.** В авангарде отечественного судового машиностроения. К 40-летию ЦНИИ судового машиностроения 25
- А.А. Арутюнян, Д.В. Суслов, В.Д. Завирухо, А.А. Георгиев.** К вопросу повышения технологичности судового комплектующего оборудования 28
- Д.В. Лазарев.** Совершенствование прогнозирования электромагнитной обстановки на технических объектах морского базирования за счет учета влияния переизлучающих элементов и структур 31
- А.О. Попко, К.Б. Каравашкин.** Использование многолучевых эхолотов в целях обеспечения навигационной безопасности плавания 39
- А.В. Морозов.** Формирование и построение модульной структуры ячеек стандартного типоряда электрораспределительных устройств 43
- Е.Н. Алексин, А.А. Фокин.** Хранение водорода в гидриде интерметаллического соединения LaNi 45
- К 100-летию Н.В.Голубева 48
- В.К. Румб, В.И. Паюсов, Е.В. Чихачев.** Особенности управления и регулирования судовой дизель-газотурбинной установкой 49
- Б.Ф. Дмитриев, А.М. Лихоманов.** Широтно-импульсный преобразователь в составе автономной системы электропитания и работе на разветвленную нагрузку 52
- В.С. Василенко, Л.В. Тотьменинов.** Основные результаты проектирования цифровых систем управления ядерными энергетическими установками кораблей 55
- В.И. Гольтраф, С.Л. Лобанов, А.В. Самойлов.** О живучести судовых систем управления с системой обмена данными 60
- Ю.А. Губанов, О.Е. Лозицкий, Г.М. Москаленко.** Агрегаты бесперебойного питания различного назначения 63

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Е.В. Любимов, И.Г. Пахарьков.** О некоторых факторах в проектных моделях обеспечения безопасности морских технических сооружений 68
- С.А. Турсенев.** Пожарная опасность самовозгорания при транспортировке углей морским транспортом 70
- С.В. Горин, О.В. Макарова, В.А. Некрасов.** Использование виброакустического измерительного комплекса для контроля уровня вибрации на судах 73
- С.А. Косарева.** Об оптимизации виброакустических характеристик пневматического инструмента, используемого на предприятиях судостроительной отрасли 74



БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Г.В. Егоров. Риск эксплуатации транспортных судов ограниченных районов плавания 77

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

И.В. Алешин, В.Н. Разуваев, А.С. Портной, Ю.А. Карпов, С.В. Милославская, А.А. Ткач. Аварии на морском нефтегазовом комплексе и их экологические последствия 83

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

Н.Н. Неронов. Федеральный закон Российской Федерации – залог успешного совершенствования навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства 93

Ю.В. Баглюк, И.А. Башмаров, С.А. Виноградов, М.И. Исмаилов, А.Н. Ратнер, В.В. Секачев. Единая автоматизированная технология производства русловых изысканий, путевых работ, составления (корректировки) и распространения ЭНК ВВП 95

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Т.А. Апалько, Б.А. Царев. Сопоставление моделей проектного анализа ледоколов 100

К.Е. Сазонов. Скейлинговые соотношения в ледовой ходкости судов 104

М.Э. Францев. Постановка задачи проектного обоснования конструктивных решений для судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности 107

Морские перевозки грузов: в перспективе – новое программное обеспечение «GL» 111

Моданов А.С. Автоматизация расчетов нагрузки корпуса судна с применением системы автоматизированного проектирования Tribon 113

Выбор системы для автоматизации процесса создания и выпуска сопроводительной документации: Опыт компании «Raymarine», Великобритания. Поиск поставщиков, соответствующих требованиям / «Ирисофт», «РТС Ingering» 117

БИЗНЕС И ПРАВО

Н.В. Шаталова-Давыдова. Кадровая работа – фундамент развития КБ «Вымпел» 122

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Е.Ю. Лерман. Эхо прошедшей войны 125

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Пленум НТО судостроителей 127

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Р.Н. Беркутов. Записки бывалого морехода 129

Ю.Ф. Тарасюк. В целях изучения морской среды 129

Главный редактор

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

Редакционная коллегия

К.Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.
Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Ю.В. Варганов, канд. истор. наук, доцент
Е.А. Горин, д-р эконом. наук
Е.В. Игошин, канд. техн. наук
Б.П. Ионов, д-р 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.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.
В.И. Поляков, 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
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

Редакция

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

Редактор

Т.И. Ильичева

Выпускающий редактор

С.Н. Шепляков

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов

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.

Электронные версии журналов 2006–2010 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включены в Российский индекс научного цитирования

Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник» включен в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. <http://vak.ed.gov.ru>

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

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс».

Тираж 1000 экз. Заказ №

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

Co-chairmen:

V.L. Alexandrov, General Director

JSC Admiralty Shipyards,

President of the Russian Scientific and Technical

Association of Shipbuilders

named after Acad. A.N. Krylov

K.P. Borisenko, Rector SPb SMTU

Council Members:

S.P. Alekseev, General Director JSC SRNHI

S.P. Andryuschyuk, General Director

JSC Control System and Instrument

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

G.D. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

A.B. Fomichev, General Director

JSC SP Severnaya Verf

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

V.N. Kireev, Head of the Project «DB» in

JSC United Shipbuilding Corporation

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC R.E.T. Kronshtadt

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

S.L. Krauss, Chairman

of the Board Directors JSC IRISOFT

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director

JSC SPA Poliarnaya Zvezda

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St.Petersburg Marine Assembly

K.M. Ponomarev, Director

Germanisher Lloyd St. Petersburg GmbH

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB «Vympel»

V.A. Seredokho, General Director

JSC Sredne-Nevisky sudostroitelny zavod

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shliakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

I.G. Smirnov, General Director JSC New ERA

V.A. Solon'ko, General Director

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

Y.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

D.V. Suslov, Director JSC CRISM

G.V. Taritsa, General Director JSC PDB Petrobalt

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

VE. Yukhnin, General Designer

JSC Severnoye Design Bureau

CONTENTS

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING

- Y.I. Rabazov, V.V. Shatalov.** 80th Anniversary of the Ship Design Bureau «Vympel» 1
- Rise of NAVY banner at the primary non-nuclear submarine «Saint-Petersburg» 11
- The ship «Triglav» strengthens a friendship between Russia and Slovenia 15
- 15th anniversary of Design-Development Bureau «Petrobalt» 17
- V.M. Serzhanin.** Trends of Foreign Countries' Border Guard Services Development . 19

ENGINES, EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

- A.A. Arutyunian, D.V. Suslov, V. D. Zavirukho.** In the vanguard of the National Ship Machinery Industry. To the 40th anniversary of the Central R&D Institute of Construction of Ship Machinery 25
- A.A. Arutyunian, D.V. Suslov, V. D. Zavirukho, A. A. Georgiev.** To the matter of ship component equipment technology improvement 28
- D.V. Lazarev.** Enhancement of electromagnetic environment prediction at sea based technical objects due to consideration of re-emitting elements and structures influence 31
- A.O. Popko, K.B Karavashkin.** Use of multi beam echo sounders for voyage navigational safety support 39
- A.V. Morozov.** Creation and building of module structure of cells of the typical range of electricity distribution devices 43
- E.N. Aleksin, A.A. Fokin.** Storage of hydrogen in inter-metallic compound hydride LaNi 45
- To the 100th anniversary of N.V. Golubev 48
- V.K. Rumb, V.I. Payusov, E.V. Chikhachev.** Specifics of operation and adjustment of Ship's diesel-gas-turbine plant 49
- B.F. Dmitriev, A.M. Likhomanov.** Pulse Width Converter in autonomous power supply system and split load operation 52
- V.S. Vasilenko, L.V. Totmeninov.** Basic results of ships' nuclear power plants digital control systems design 55
- V.I. Goltraff, S.L. Lobanov, A.V. Samoilo.** About liveness of ship control systems with data exchange systems 60
- Y.A. Gubanov, O.E. Lozitskiy, G.M. Moskalenko.** Continuous Power Supply Units of different application 63

INDUSTRIAL SAFETY

- E.V. Liubimov, I.G. Pakharkov.** About some factors in design models for offshore engineering structures safety support 68
- S.A. Tursenev.** Fire risk of self-ignition during transit of coals by sea transport 70
- S.V. Gorin, O.V. Makarova, V.A. Nekrasov.** Application of vibroacoustic measuring complex for control over vibration level on ships 73
- S.A. Kosareva.** About optimization of vibroacoustic specification of pneumatic tools used at ship building industry companies 74



NAVIGATION SAFETY

G.V. Egorov. *Risks of operations of ships with a specified operating area service*77

ENVIRONMENTAL SAFETY

I.V. Aleshin, V.N. Razuvaev, A.S. Portnoy, Y.A. Karpov, S.V. Milislavskaya, A.A. Tkatch. *Accidents at off-shore oil & gas facilities and environmental consequences thereof*83

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

N.N. Neronov. *The Federal Law of the Russian Federation ensures successful enhancement of nation's maritime activity navigational and hydrographic support* 93

Y.V. Bagliuk, I.A. Bashmarov, S.A. Vinogradov, M.I. Ismagilov, A.N. Ratner, V.V. Sekachev. *Uniform automatic manufacturing technique for production of well exploration, track works, preparation (correction) and distribution of Electronic Navigation Charts (ENC) of Inland Water Ways (IWW)*..... 95

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

T.A. Apalko, B.A. Tsarev. *Comparison of ice-breaker ships design model* 100

K.E. Sazonov. *Scaling ratios in ships' ice performance* 104

M.E. Frantsev. *Task assignment for project justification of structural design of ships with up-rated performance and seaworthiness* 107

Freight shipments: new «GL» software prospects 111

A.S. Modanov. *Automation of weight calculation of ship's hull using Tribon CAD System* 113

Choosing the system for automation of process of creation and issue of accompanying documentation: Experience of «Raymarine» Company, UK. Search for supplies meeting the requirements of / «Irisoft», «PTC Engineering»..... 117

BUSINESS AND LAW

N.V. Shatalova-Davydova. *Personnel management is the foundation for DB «Vympel» development*..... 122

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

E.Y. Lerman. *The Last War Echo* 125

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

The Plenary Session of Shipbuilders Technical Society 127

AT THE BOOKSHELF

R.N. Berkutov. *Notes of the Old Salt* 129

Y.F. Tarsiuk. *With purposes of marine environment study* 129

Editor-in-Chief

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

Editorial Collegium

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.
Y.V. Baglyuk, Ph. D.
V.I. Chernenko, D. Sc., Prof.
E.A. Gorin, D. Sc.
E.V. Igoshin, Ph. D.
B.P. Ionov, D. Sc.
Y.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Y.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.
V.I. Polyakov, D. Sc., Prof.
L.A. Promyslov, Ph. D.
Y.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.
Y.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.
B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.
Y.V. Varganov, Ph. D.

Editorial staff

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

Editor

T.I. Ilyichiova

Observer of publication

S.N. Shepljakov

Design, imposition

S.A. Kirillov

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 magazines electronic versions of 2006–2010 are placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya biblioteka" www.library.ru and are also included to the Russian index of scientific citing.

By the decision of the Council of VAK the Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.
<http://vak.ed.gov.ru>

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

Printed in the Printing-House "Premium-press".
Circulation 1000. Order №

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.

условиям прохождения по Волго-Балтийскому пути.

В 2009 г. ОАО «ССЗ «Красные Баррикады», (Астрахань), по заказу компании ОАО «Газфлот» был сдан танкер-заправщик дедвейтом 3200 т, построенный по проекту КБ «Вымпел». Этот танкер имеет неограниченный район плавания по правилам Морского Регистра судоходства и в то же время может проходить при полной загрузке по Волго-Балтийскому водному пути и через Беломорско-Балтийский канал.



Танкер-заправщик дедвейтом 3200 т

Под требования иностранного заказчика по проекту КБ «Вымпел» на ОАО «Окская судостроительная корпорация», г. Навашино, строится серия танкеров смешанного плавания дедвейтом 5400/6600 т. Два первых танкера были сданы в начале 2010 г. В рамках сотрудничества с ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» на Амурском судостроительном заводе в ближайшие годы планируется постройку по проектам «Вымпела» танкеров пр. 00211 (для ОАО «НК «Роснефть») и пр. 00212 (для ОАО «Совкомфлот»).



Танкер-химовоз смешанного плавания дедвейтом 5400/6600 т

БУКСИРНЫЙ И НЕСАМОХОДНЫЙ ФЛОТ

По проектам КБ «Вымпел» построены сотни буксиров мощностью 440, 590 и 880 кВт, большие серии речных сухогрузных и наливных барж грузоподъемностью 3000 и 6000 т и крупнотоннажных секционных составов. Широкое внедрение на речном флоте вождения несамостоятельных барж методом толкания сопровождалось созданием автоматических сцепных устройств и эффективных движительно-рулевых комплексов.

Бурное развитие в 70 – 80-х гг. перевозок по мелководным рекам Сибири и Дальнего Востока потребовало строительства буксиров-толкачей с

ограниченной осадкой. Наиболее массовыми и популярными стали толкачи мощностью 600 л.с. пр. 1741 и его модификации – пр. 1741А, головные образцы которых сданы соответственно в 1972 г. и в 1976 г. В течение более 20 лет выпуска было построено около 300 судов.



Буксир толкач мощностью 600 л.с.

В связи с освоением районов Обской губы в производство были запущены буксиры пр. 07521 к ласса «М-Пр» Речного Регистра. Головной образец, построенный на Пермском судостроительном заводе «Кама», сдан в эксплуатацию в 1986 г. Всего заводом «Кама» выпущено более 30 судов.

СУДА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

В начале 60-х гг. в КБ «Вымпел» были развернуты экспериментальные и проектно-исследовательские работы по судам на воздушной подушке со скегами (СВПс). С 1970 г. выпущено около 140 таких теплоходов под названием «Зарница», предназначенных для работы на малых реках. В 1980-е гг. был начат выпуск судов типа «Луч», представляющих собой второе поколение СВПс, отличающихся более высоким классом Речного Регистра, увеличенными скоростью и пассажировместимостью. Потребность в скоростных судах для беспересадочных перевозок пассажиров на смешанных линиях, проходящих по малым и магистральным рекам, послужила толчком к созданию 80-местных СВПс типа «Орион» и 130-местных СВПс типа «Баргузин», выпускавшихся Сосновским судостроительным заводом с 1974 г.



Судно на воздушной подушке типа «Чайка»

Работа по этой тематике продолжена КБ «Вымпел» в рамках подготовки предложений по флоту и техническим средствам для освоения Каспийского шельфа. Выполнены проработки ряда самоходных и несамостоятельных ам-

фибийных платформ различного назначения грузоподъемностью до 150 т, мобильного основания на воздушной подушке для буровой установки, транспортно-монтажного модульного устройства для перемещения и установки буровых оснований в условиях предельного мелководья. Всего по проектам бюро судостроительных заводов России построено и передано Заказчиком более 200 различных судов на воздушной подушке.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРОМОВ

К числу традиционно проектируемых КБ «Вымпел» судов относятся железнодорожные и автомобильно-пассажирские паромы. В 50-х гг. создана серия морских железнодорожных паромов для Амурской и Керченской переправы. В 1960–1970 гг. КБ «Вымпел» внесло значительный вклад в создание Каспийской и Сахалинской паромных переправ. Они обслуживались пятью морскими железнодорожными паромными типами «Советский Азербайджан», построенными заводом «Красное Сормово» и ледокольными паромными типами «Сахалин», построенными на Калининградском судостроительном заводе «Янтарь» соответственно. «Вымпел» участвовал в создании международных паромных комплексов на железнодорожных переправах СССР – НРБ и СССР – ГДР как в качестве эксперта, так и в качестве разработчика на стадии эскизного проектирования паромных судов типа «Клайпеда» и «Герои Шипки» для этих переправ.



Паром типа «Сахалин»

С 2000 г. КБ «Вымпел» не только вело собственные разработки, но и совместно с финскими компаниями участвовало в проектировании и технологической подготовке производства автомобильных и пассажирских паромов, таких как «Sea-France», «Tallink», «Brittany», «Viking Line» и др.

В 2009 г. бюро выполнило проект современного автомобильно-железнодорожно-пассажирского парома пр. 00650, предназначенного для круглогодичной эксплуатации между специально оборудованными портами на линии Усть-Луга–Балтийск–порты Германии.



Автомобильно-железнодорожно-пассажирский паром для Балтийского моря

МОСТОПЕРЕПРАВОЧНЫЕ СРЕДСТВА

КБ «Вымпел» – единственная в стране организация, проектирующая мостопереправочные средства. Бюро располагает опытными, много лет специализирующимися на данной тематике конструкторами, способными разрабатывать современные понтонные переправы и другую аналогичную технику.

По заказу Министерства обороны разработан понтонный парк ПМП-М, позволяющий осуществлять сборку наплавных мостов и переправу по ним танков и другой войсковой техники. Для переправы воздушно-десантных войск разработан десантируемый военно-транс портнойавиацией понтонный парк ДПП-40. По заказу инженерных войск разработан наплавной автодорожный мост НАРМ для переправы войсковой техники, включая тяжелые танки и автопоезда. Для переправы войсковой техники через широкие водные преграды создан специальный понтонный парк ППС-84, в составе которого имеется специальный катер БМК-460 для переправ в условиях быстрого течения и ветрового волнения. За создание парка ППС-84 группе сотрудников КБ «Вымпел» была присуждена Государственная премия СССР.



Челночный паром парка ПП 2005

Конверсионная программа КБ «Вымпел» включает наплавные автодорожные понтонные мосты, приспособленные для быстрой разводки при пропуске судов. Такие мосты, построенные на судостроительном заводе в г. Навашино, успешно используются на многих речных переправах страны.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ ДЛЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

Одним из главных направлений деятельности КБ «Вымпел» на протяжении всей его истории остается проектирование вспомогательных судов для ВМФ. Уже в предвоенные годы по проектам КБ было создано около 40 судов – дивизионные, пожарные, разведные и санитарные катера, санитарно-дезинфекционный транспорт, транспорты для перевозки вооружения, танкеры-заправщики топливом, водой и маслом. В кратчайшие сроки по заданиям Комитета Обороны было разработано и построено около 160 десантных ботов повышенной живучести, свыше 30 «охотников» за подводными лодками, более 20 проектов десантных, гидрографических и артиллерийских катеров.

В послевоенные годы КБ «Вымпел» в основном ориентировалось на создание судов базового и рейдового обеспечения боевых кораблей всеми видами снабжения.

В 60-е гг. для потребностей ВМФ разработана получившая широкое распространение серия судов обеспечения. В их числе – малые морские танкеры для перевозки и выдачи на корабли мазута, дизельного топлива пр. 1844, 1844Д; морские водоналивные транспорты пр. 1844В. Всего построено свыше 30 единиц, а в 2005 г. на Благовещенском судостроительном заводе сдан в эксплуатацию малый морской танкер – водолей дедвейтом 650 т для перевозки и выдачи на корабли пресной и котельной воды пр. 1844А.

Для снижения электромагнитных полей кораблей с середины 60-х гг. осуществлено проектирование нового поколения судов безобмоточного размагничивания – морских самоходных станций для обработки судов пр. 1799. В дальнейшем суда этого проекта были модернизированы: изменены материал корпуса, состав измерительной аппаратуры, системы управления размагничиванием.



Судно безобмоточного размагничивания

Для обеспечения кораблей ВМФ вооружением был создан морской транспорт вооружения, предназначенный для доставки с береговых баз на плавучие базы, подводные лодки и надводные корабли минного, артиллерийского и торпедного вооружения как с присоеди-

ненными, так и с отсоединенными боевыми зарядными отделениями пр. 1823, 1823Б, 1823В. На судостроительных заводах Сретенска, Рыбинска, Клайпеды построено более 50 транспортов этого проекта и его модификаций.

Владивостокским судостроительным заводом по проекту нашего КБ была создана самоходная мишень для испытаний крылатых ракет и отработки подводного хода боевых частей торпед (пр. 1784). Данное направление оставалось актуальным на протяжении многих лет. С начала 70-х гг. велось строительство мишеней водоизмещением около 900 т, обеспечивающих проведение стрельб практически всеми видами корабельного оружия (пр. 1784Б, 1784М, 454, 455). В 2005 г. сдано в эксплуатацию судно-мишень пр. 436 БР, предназначенное для имитации и проведения стрельб ракетного оружия. Судно оснащено средствами имитации вторичного радиолокационного поля, которые обеспечивают энергетические, спектральные и другие характеристики отраженного сигнала. В 2007 г. сдано еще одно судно-мишень пр. 436БА, предназначенное для имитации и проведения стрельб артиллерийского оружия. Строительство мишеней вели верфи п. Сокольское Нижегородской области и Комсомольска-на-Амуре.



Судно-мишень пр. 1784Б

Продолжается проектирование судов для ВМФ и в настоящее время. Начиная с 2005 г. бюро спроектированы и в сотрудничестве с российскими заводами построены и сданы флоту 10 судов различного назначения. Среди них – крановые суда для перевозки специальных грузов пр. 20360, танкер-водолей пр. 18444, гидрографические суда пр. 16611, 19910, 19920, десантные катера пр. 1176, катер специального назначения пр. 21980, рейдовый буксир пр. 705Б, самоходные мишени пр. 436Б. По проектам КБ строятся морские буксиры-спасатели пр. 745МБ, морской буксир пр. 22030.



Рейдовый буксир пр. 705Б

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ АТОМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Одним из важнейших направлений работы «Вымпела» на протяжении 70 лет является разработка судов для обращения с радиоактивными отходами (РАО).

С 1962 по 1990 г. в составе ВМФ эксплуатировались самоходные плавучие базы атомных подводных лодок пр. 1821 разработки КБ «Вымпел». С 1974 г. в Мурманске находится в эксплуатации спецтанкер «Серебрянка», предназначенный для приема, хранения и транспортировки жидких радиоактивных отходов (ЖРО). С 1987 г. в составе ВМФ действуют технические транспорты «Амур» и «Пинега», которые обслуживают военные суда с атомными силовыми установками. В 1999 г. по проекту, разработанному КБ «Вымпел» совместно с фирмами США, Японии и Англии, в г. Комсомольске-на-Амуре построен плавучий завод «Ландыш» по очистке ЖРО. В настоящее время этот комплекс успешно работает на акватории завода «Звезда». За его создание авторский коллектив удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники в 2004 г.



Плавучий комплекс «Ландыш» по очистке ЖРО

КБ «Вымпел» является автором проекта первых в нашей стране плавучих станций электроснабжения городов и поселков в глубинных районах России. С 1970 г. успешно эксплуатируются шесть плавучих электростанций «Северное Сияние», построенных на Тюменском судостроительном заводе. Опыт создания плавучих газотурбинных электростанций и судов для обращения с радиоактивными веществами позволил конструкторам КБ «Вымпел» разработать эскизный проект атомной плавучей электростанции мощностью 6 МВт.



Плавучая электростанция «Северное Сияние»

С 2000-х гг. одним из приоритетных направлений работы КБ «Вымпел» ста-

новится проектирование судов экологического мониторинга. Так, для решения экологических проблем в районе базирования Черноморского флота КБ «Вымпел» разработало проект переоборудования судна ВТР-75 в экологическое судно «Петр Градов» пр. 872Э, ведется проработка комплексных судов экологического контроля и средств ликвидации аварийного разлива нефти.

В настоящее время в бюро совместно с итальянкой фирмой «Fincantieri» ведутся проектные работы по созданию судна для перевозки контейнеров с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). В КБ «Вымпел» накоплен значительный опыт по созданию специальных судов для обращения с РАО. Бюро располагает грамотными и аттестованными специалистами по проектированию специальных судов и имеет лицензию на проектирование судов атомно-технологического обслуживания.

СУДА И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА

Отвечая потребностям одной из ведущих отраслей промышленности КБ «Вымпел» одним из первых начало разрабатывать суда и технические средства для проведения работ на континентальном шельфе. По проектам КБ в различные годы были построены крановые суда грузоподъемностью от 25 до 250 т для обслуживания нефтяных месторождений, установки на грунт крупноблочных морских буровых оснований на глубинах до 70 м, баржи-площадки, транспортно-монтажные суда, суда снабжения буровых установок.

В 2008 г. по проекту «Вымпела» на ООО «АСПО» построено универсальное транспортное средство для перевозки тяжеловесных и крупногабаритных металлоконструкций для оффшорного строительства на Каспии – транспортный понтон «Севан» грузоподъемностью 5300 т. В августе 2009 г. с его помощью выведена из акватории завода, проведена по р. Волга и позиционирована буровая платформа ЛСП-1 на месторождение им. Ю. И. Корчагина на Северном Каспии.



Транспортный понтон «Севан»

В последние годы КБ «Вымпел» в кооперации с ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова (ЦКБ «Балтсудопроект») выполняет работы по проектированию судов снабжения для ООО «Газфлот» (пр. 22450, 22440, 22420).



Судно снабжения пр. 22450

На протяжении существования КБ в нем плодотворно трудились несколько поколений специалистов. В их числе – 800 человек, проработавших в бюро более 25 лет – они награждены медалями «Ветеран труда». Более 300 специалистов награждены медалью «300 лет Российскому флоту», более 40 специалистов – медалями «За трудовое отличие», «За трудовую доблесть» Союза ССР, 54 человека награждены орденами СССР, в том числе 8 человек – орденами Ленина и Октябрьской революции.

Особые заслуги специалистов бюро – 18 человек отмечены Государственными премиями СССР и РФ. В 1977 г. трудовой коллектив бюро был отмечен правительственной наградой – Орденом Трудового Красного Знамени.

При работе в новых экономических условиях КБ «Вымпел» сохраняет квалифицированные кадры, которые успешно реализуют новые стратегические задачи, стоящие перед КБ.

Одной из них является применение современных информационных САД/САМ технологий, обеспечивающих параллельную разработку трёхмерной модели судна в режиме реального времени во всех судовых специализациях, что повышает качество проектирования, позволяет управлять и оперативно обмениваться информацией между КБ и заводами-строителями в электронном виде на всех этапах строительства судов. Высокий уровень информационных технологий, сертификация качества работ в соответствии с требованиями международного стандарта ИСО 9001–2001 позволяют КБ «Вымпел» работать в кооперации с зарубежными проектными организациями на базе использования единой системы автоматизированного проектирования.

Еще одной особенностью работы КБ «Вымпел» в последние годы является ориентация на сектор более наукоемких и технически сложных объектов морской техники, таких как суда для операций на шельфе, научно-исследовательские суда, крупные корабли, газозовы, крупнотоннажные танкеры.

Сегодня, обладая богатым практическим опытом, научно-технической и экспериментальной базой, высокопрофессиональным коллективом, КБ «Вымпел» занимает прочное положение на отечественном и зарубежном рынке судостроения. ■

Восьмого мая 2010 г. на ОАО «Адмиралтейские верфи» состоялась торжественная церемония подъема Военно-морского флага на головной неатомной подводной лодке (НАПЛ) 4-ого поколения пр. 677 «Санкт-Петербург».

ПОДЪЕМ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛАГА НА ГОЛОВНОЙ НАПЛ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»

ОАО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 714 8863

Подводная лодка «Санкт-Петербург», недавно вошедшая в состав ВМФ России, вернулась с испытаний из Балтийского моря.

Кроме команды корабля, в испытаниях приняли участие проектировщики ОАО «ЦКБ МТ «Рубин» и корабельщики ОАО «Адмиралтей-

ские верфи». За месяц удалось отработать действие систем, механизмов, аппаратуры в различных режимах.



Подводная дизель-электрическая лодка «Санкт-Петербург» пр. 677 («Лада») водоизмещением 1765 т имеет длину 67 м, ширину 7,1 м. Максимальная скорость подводного и надводного хода достигает 21 и 10 уз соответственно. Дальность плавания экономическим ходом – 650 миль. Автономность плавания – 45 суток. Максимальная глубина

погружения 300 м. Подводная лодка построена с использованием последних достижений отечественного кораблестроения. Научно-исследовательскими институтами и предприятиями оборонно-промышленного комплекса России было выполнено более 200 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию уникального оборудова-

ния, предназначенного специально для этой подводной лодки. На ней установлено 130 образцов новой техники. Среди новейших разработок – малогабаритные, малозумные комплексы радиоэлектронного вооружения с минимальным энергопотреблением; современные образцы корабельного оборудования и нового высокоточного оружия.

Большое количество новой техники потребовало всесторонних испытаний подводной лодки «Санкт-Петербург» в Балтийском море, которые проводились в несколько этапов. В ходе испы-

уделялось взаимодействию и совместной работе различных комплексов и систем корабля. Заводские ходовые испытания подводной лодки в море в общей сложности длились более одного года, за это

рических подводных лодок четвертого поколения. В настоящее время на «Адмиралтейских верфях» строятся корабли проекта 677 «Кронштадт» и «Севастополь». Лодки предназначены для уничтожения



таний все общекорабельные системы, комплексы, оборудование и устройства корабля прошли обработку в различных режимах эксплуатации. Особое внимание

время она прошла в надводном и подводном положениях 12 880 морских миль.

«Санкт-Петербург» – это первая в серии российских дизель-элект-

подводных, надводных кораблей и судов противника, защиты военноморских баз, морского побережья и морских коммуникаций, а также ведения разведки ■.



21 июня 2010 г. в 12:30 на ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» состоялась торжественная церемония спуска на воду пограничного сторожевого корабля (ПСКр) пр. 10412 «Светляк» для Республики Словения. В ней приняли участие губернатор Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко и министр обороны Республики Словения Любица Елушич.

КОРАБЛЬ «TRIGLAV» УКРЕПЛЯЕТ ДРУЖБУ РОССИИ И СЛОВЕНИИ

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 4820



Проект 10412 «Светляк», разработанный ЦМКБ «Алмаз», по словам Любицы Елушич, будет нести не только военную службу, но и поможет в борьбе со стихийными бедствиями. Она также отметила, что корабль «Triglav», названный так в честь самой высокой горы Словении, станет символом продолжения сотрудничества между Россией и Словенией.

После освящения корабля, которое провел военный священник словенского войска Йоже, капитану корабля вручили фигуру Св. Николая – покровителя моряков.

Контракт на поставку корабля был подписан в июле 2008 г. В сентябре



того же года он был заложен. В настоящее время завод приступает к этапу проведения швартовных и заводских ходовых испытаний. В октябре 2010 г., планируется, что корабль отправится к берегам Словении.

Полное водоизмещение корабля – 365 т, длина – 49,5 м, ширина – 9,2 м, осадка – 2,4 м, наибольшая скорость хода – 28 уз, автономность – 10 сут., мореходность – до 7 баллов.

Впервые корабль данного проекта «СФ «Алмаз» строит с двигателями немецкой фирмы «MTU».

В настоящее время «Алмаз» продолжает строительство второ-

го и третьего артиллерийских кораблей пр. 21630 для ВМФ России, заканчивает строительство трех серийных патрульных катеров пр. 12200 «Соболь» для ПС ФСБ РФ, строит пограничное судно ледового класса пр. 22120 для ПС ФСБ РФ, а также лоцманский катер пр. АР-1600 для ФГУП «Росморпорт», ведет строительство первого серийного пограничного сторожевого корабля пр. 22460 (зав. № 502) для ПС ФСБ РФ.

За всю историю предприятия кораблями «Алмаза» построено и передано заказчикам более 1000 катеров и малых кораблей. ■

Проектно-конструкторское бюро «Петробалт» было учреждено в 1995 г. как дочернее предприятие Балтийского завода.

С момента основания и до настоящего времени основным видом деятельности компании является разработка технических и рабочих проектов судов различного назначения, а также научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки в области судостроения.

За 15 лет инженерной деятельности бюро участвовало в 56 проектах, на базе которых построено более 130 судов различного назначения как в России, так и за рубежом. Классификационная и рабочая конструкторская документация была разработана для проектов танкеров, балкеров, контейнеровозов, ледоколов, пассажирских и грузопассажирских судов, буксиров-спасателей и буксиров-кантовщиков, судов снабжения буровых платформ, рыбопромысловых судов, патрульных судов, яхт и др.

В конце 90-х и в начале 2000-х гг. большую часть работ бюро выполняло для зарубежных заказчиков и верфей из таких стран, как Германия, Египет, Ирландия, Исландия, Кипр, Норвегия, Польша, Португалия и Финляндия. Начиная с 2005 г. до настоящего времени доля работ для российских верфей и судовладельцев стала преобладать в производственной программе компании. За этот период в бюро были выполнены разработки по многим проектам, в том числе и следующие работы:

- в полном объеме рабочая конструкторская документация для двух судов типа «ро-ро»; построенных Балтийским заводом в кооперации с норвежской верфью Фоссен;

- часть рабочей конструкторской документации для танкеров ледового плавания «Кирилл Лавров» и «Михаил Ульянов», построенных на «Адмиралтейских верфях»;

- технический проект многоцелевого ледокола дизель-электрического ледокола мощностью 25 МВт для ФГУП «Росморпорт» и другие проекты.

Также совместно с ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова бюро участвовало в разработке концептуальных проектов судов-газовозов для «Газфлота» и в разработке концепции и технико-технологического проекта Приморской верфи, строительство которой планируется в ближайшем будущем.

Сейчас в производственной программе бюро – несколько проектов, которые одинаково важны и значимы и для бюро, и для судостроения. Во

ПКБ «ПЕТРОБАЛТ» - 15 ЛЕТ

ООО ПКБ «Петробалт»,
контакт. тел. (812) 322 6607

всех этих проектах бюро выполняет разный объем работ.

Патрульное судно ледового плавания пр. 2 2120 для Федеральной Пограничной службы России проходит швартовные испытания на судостроительной фирме «Алмаз» и будет сдано заказчику в октябре этого года. Весь комплект документации, включая эскизный и технический проект, рабочую конструкторскую, технологическую, приемо-сдаточную и эксплуатационную документацию были разработаны ПКБ «Петробалт».

Технический проект SDS-08 водолазного судна для Росморспасслужбы был разработан Морским Инженерным Бюро. ПКБ «Петробалт» разработал рабочую конструкторскую, технологическую, приемо-сдаточную и эксплуатационную документацию. Головное судно находится в завершающей стадии строительства на Ярославском судостроительном заводе, будет спущено на воду в начале августа этого года и сдано заказчику в ноябре 2010 г. Следующие два судна серии находятся в разных стадиях строительства и будут сданы заказчику в 2011 г.

Технический проект сухогрузного река-море судна RSD-49 был разработан также Морским Инженерным Бюро. Сейчас ПКБ «Петробалт» разрабатывает полный пакет документации для строительства серии из 10 судов на Невском судостроительном заводе и их сдачи Северо-Западному речному пароходству.

В начальной стадии разработки – такой же пакет документации для строительства и сдачи 10 танкеров типа река-море для Московского речного пароходства проекта RST-25 на базе технического проекта разработанного Морским Инженерным Бюро.

В стадии завершения сейчас также большой объем рабочей конструкторской документации для плавучей атомной теплоэлектростанции строящейся на Балтийском заводе по проекту ЦКБ «Айсберг».

В настоящее время в компании работают более 70 инженеров высокой квалификации, что позволяет выполнять достаточно масштабные и сложные проекты в сжатые сроки. На протяжении всего периода деятельности компания успешно сотрудничает с другими проектными и научными организациями

в России и за рубежом, как в качестве генпроектировщика так и в качестве контрагента.

В своей деятельности компания делает основной упор на высокую производительность инженеров, которая обеспечивается за счет высокой автоматизации проектных работ и хорошей организации. Специализированное программное обеспечение NAPA, NUPAS-CAD/MATIC, TRIBON и другие ПО, а также организация проектных работ по примеру европейских конструкторских бюро позволяют компании быть конкурентоспособной и на российском, и на европейском рынке проектных услуг.

Компания тесно сотрудничает с Санкт-Петербургским морским техническим университетом и с Санкт-Петербургским университетом водных коммуникаций в научных исследованиях и научно-технических разработках, в подготовке инженерных кадров. Ведущие специалисты компании руководят курсовыми и дипломными работами студентов обоих университетов, определяют программы практики и стажировки студентов в компании. Часть молодых сотрудников бюро продолжают свое обучение в аспирантуре и ведут свои исследования в рамках разрабатываемых компанией проектов и в исследовательских программах университетов. Хорошие результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок сотрудников компании подтверждены рядом патентов и множеством научных докладов, статей и публикаций. Ежегодно штат компании увеличивается на пять-восемь человек, которые поступают на постоянную работу, в основном сразу после окончания учебы в университетах.

За 15 лет своей деятельности ПКБ «Петробалт» заслужил репутацию надежного и высокопрофессионального партнера судовладельцев и судостроителей, а также признание и уважение коллег из проектных бюро и исследовательских институтов в России и за рубежом.

Мы надеемся, что и в дальнейшем наша компания будет развиваться также динамично, как в течение прошедших лет, и надеемся на плодотворное сотрудничество со всеми судовладельцами, судостроителями и коллегами по проектным работам. ■

Основное вооружение патрульных кораблей иностранных государств. Успешное решение возложенных на службы БОХР задач во многом определяется уровнем вооружения патрульных кораблей. В нашем случае рассмотрению подлежат те подсистемы, которые наиболее полно определяют качественное состояние корабля как системы, т.е. боевые и эксплуатационные возможности корабля службы береговой охраны.

Состояние авиационных комплексов. Как видим из полученных (табл. 3) данных, на кораблях водоизмещением от 500 до 1000 т возможность размещения вертолета отсутствует.

Только 2,5% патрульных судов данного водоизмещения имеют площадки для взлета и посадки вертолета.

Большинство патрульных кораблей от 1000 до 2000 т (68%) имеют возможность хотя бы временного базирования вертолета. Патрульные корабли водоизмещением более 2000 т

(1000 т, 2002 г.) оснащены дизель-электрической ЭУ и одним винтом фиксированного шага. Ряд специалистов в области гражданского судостроения данное направление развития ГЭУ

ционно с поста управления или с местного поста в аварийных ситуациях.

Системы управления энергетической установки на патрульных кораблях Германии, Швеции, Финляндии полностью автоматизированы. Отсутствие личного состава в машинном отделении компенсируется установкой телевизионных камер и различного рода датчиков. Предусмотрено и обычные резервные способы управления кораблем в случае аварийных ситуаций.

Тип размещаемых на кораблях ГЭУ, получаемых из состава ВМС стран-экспортеров, определяется проектом. Наличие представительств практически всех ведущих фирм позволяет успешно эксплуатировать и обеспечивать ремонт такой широкой номенклатуры.

Оружие. Противокорабельными ракетами оснащена небольшая часть патрульных кораблей водоизмещением до 1000 т. Это класс малых ракетных кораблей, применяемый флотами Греции, Турции, Тайваня, Италии для решения задач служб БОХР. Оснащение патрульных кораблей противокорабельными ракетами скорее исключение.

Зенитными ракетными комплексами оснащены три проекта – сингапурский патрульный корабль типа «Fiarles» (зрк Simbad), и итальянский проект типа «Minerva» (зрк Albatros) которые являются, прежде всего, боевыми кораблями, привлекаемый к патрульной службе, а также Норвежский корабль ледового класса «Svalbard» (зрк Simbad).

Артиллерийские установки являются основным оружием патрульных кораблей (табл. 4). Диапазон калибров – от 20 до 76 мм. На отдельных патрульных кораблях артиллерийские установки вообще отсутствуют или установлены только пулеметы (12,7 мм).

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОРАБЕЛЬНОГО СОСТАВА СЛУЖБ БЕРЕГОВЫХ ОХРАН ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ*

*В.М.Сержанин, вице-адмирал запаса, г. Москва,
контакт. тел. +7 903 7554468*

Таблица 3

Оснащение вертолетными комплексами патрульных кораблей

Кол-во кораблей			
Общее	С вертолетной площадкой	С одним или двумя вертолетами	Всего с вертолетной площадкой и вертолетами
Водоизмещение от 500 до 1000 т			
78	2	-	2
Водоизмещение от 1000 до 2000 т			
50	14	20	34
Водоизмещение от 2000 т и более			
30	14	13	27
Всего			
158	30	33	63

практически все (97%) имеют возможность размещать вертолет. На 100% кораблях, построенных после 2000 г., водоизмещением 1000 т и более есть возможность размещения вертолета хотя бы временно.

Общая тенденция в проектировании и строительстве кораблей иностранных государств направлена на оснащение патрульных кораблей, выполняющих задачи в исключительной экономической зоне, летательными аппаратами постоянного базирования.

Главные энергетические установки. Большинство патрульных кораблей имеют следующий вариант корабельной энергетической установки: два дизеля, работающих на два винта фиксированного шага (более 70%). Есть и другие варианты.

Например, испанский корабль типа «Alboran» водоизмещением 1963 т (построен в 1997 г.), немецкий «Bredsterd» (635 т, 1989 г.) и «Br amstedt»

считают перспективным и заслуживающим внимания. Это обусловлено тем, что в режимах патрулирования схема электродвижения является наиболее экономичной, позволяющей выбирать наилучшую скорость экономического хода для решения конкретной задачи.

Энергетическая установка на перспективном проекте «МЕКО-100» может быть в следующих вариантах: полностью дизельная или комбинированная, т.е. имеющая дизель-газовую турбину с обычными винтами или водометными движителями. Другие варианты получили значительно меньшее развитие.

Некоторые патрульные корабли имеют носовые и кормовые подруливающие устройства, а также активные и неактивные успокоители качки, что значительно повышает маневренные качества кораблей и катеров. Практически на всех новых кораблях управления дизелями осуществляется дистан-

* Начало см. в журнале «Морской вестник», 2010, № 2 (34).

Это патрульные суда, построенные по коммерческим стандартам (Германия, Дания, Швеция). Артиллерийские установки калибра 40–76 мм сопряжены со станциями управления артиллерийским оружием.

Калибр артиллерийских установок от водоизмещения патрульных кораб-

Наиболее мощное радиотехническое вооружение (дальность обнаружения целей до 40–50 миль) и хорошие средства спутниковой связи имеют корабли УБМ Японии. Это позволяет осуществлять надежное управление кораблем. Кроме того, они оснащены оптико-электронны-

Таблица 4

Оснащение артиллерийскими установками

Калибр	Количество	
	проектов патрульных кораблей	патрульных кораблей
76 мм АУ ОТО Melara	15	55
57 мм АУ Bofors	3	12
40 мм АУ	17	60
35 мм АУ	2	2
30 мм АУ	7	15
23 и 25 мм АУ	3	8
20 мм АУ	17	32

лей, как правило, не зависит. Это связано с особенностями условий службы в каждой стране.

На патрульные корабли длиной более 50 м могут устанавливаться дополнительные системы оружия: противокорабельные ракетные комплексы и другие современные системы индивидуальной обороны. Дооснащение патрульных кораблей артиллерийским оружием большего калибра, противолодочными, противокорабельными и противовоздушными ракетными комплексами не представляет проблем. Многие небольшие патрульные корабли длиной более 50 м строятся с зарезервированным для размещения дополнительного вооружения пространством.

Радиотехническое вооружение. Навигационными РЛС оснащены все патрульные корабли за исключением отдельных катеров (1–2 РЛС в зависимости от водоизмещения). Большинство кораблей имеет РЛС кругового обзора надводного пространства. Перспективным считается использование на одном корабле двух НРЛС, функционирующих в различных диапазонах. Радиолокационные станции обзора воздушного пространства имеют патрульные корабли, построенные на базе боевых кораблей, для осуществления функций радиолокационного дозора в интересах ПВО (США, Италия, Дания). На кораблях БОХР США типа «Гамильтон» установлена РЛС AN/SPS-40 с дальностью обнаружения 400 км, аппаратура РЭБ AN/SIO-32 (V) с встроенными средствами РТР, современными средствами связи.

ми и радиотехническими средствами разведки, радиоэлектронного подавления и наблюдения, оборудованы радионавигационной системой «Декка», гидроакустикой. Корабли УБМ в зависимости от водоизмещения и назначения вооружаются такими же РЛС, как и корабли ВМС: обнаружения воздушных и надводных целей, навигации; станциями управления артиллерийским оружием; приборами привода и посадки корабельных вертолетов. Малые катера, действующие в прибрежной зоне, РЛС обычно не имеют.

Аппаратурой радиолокационного опознавания оснащаются все патрульные корабли. Развитие японских корабельных РЛС идет по пути улучшения помехозащитности, уменьшения массогабаритных характеристик, повышения вероятности обнаружения и идентификации целей, а также совершенствования электромагнитной совместимости активного и пассивного радиоэлектронного вооружения кораблей.

На японских кораблях также используется оптико-электронное вооружение, состоящее в большинстве из аппаратуры ночного видения и телевизионных установок.

Гидроакустические станции обнаружения подводных лодок имеет около 33% (53 ед) патрульных кораблей (16 проектов, 27%). На некоторых проектах кораблей США предусмотрен резерв объемов и мощностей для установки ГАС AN/SQR-19 с протяженной буксируемой антенной, а также буксируемой гидроакустической ловушкой AN/SIQ – 25.

Отдельные патрульные корабли имеют на вооружении стационарные или опускаемые специализированные исследовательские гидроакустические комплексы (специализированные патрульные корабли, построенные по коммерческим гражданским стандартам).

Оборудование бортовыми плавсредствами. Для задержания быстроходных судов нарушителей, производства осмотра и иных целей современные патрульные корабли имеют от 2 до 4 катеров или лодок. Это и жестко надувные лодки, надувные и быстроходные цельнометаллические катера. Для спуска данных плавсредств используются шлюпбалки, транцевые устройства для спуска катеров, кормовые доковые системы, позволяющие осуществлять спуск и подъем плавсредств на ходу до 10–12 уз. Патрульные корабли все обеспечены спасательными шлюпками в соответствии с нормами международных конвенций о безопасности человеческих жизней на море (SOLAS) и IMO.

Экологическое оборудование. Борьба с загрязнениями водной среды стала одной из приоритетных задач служб береговых охран, поэтому многие корабли США и других стран оснащаются устройствами для этого. В составе служб береговых охран имеются специализированные суда контроля за экологией.

Выводы

1. Службы береговых охран большинства зарубежных государств решают большой объем задач. Эти задачи выдвигают более широкий круг требований к патрульным кораблям и их техническому оснащению.

Большинство служб БОХР иностранных государств являются фактическим резервом военно-морских сил, что также выдвигает соответствующие требования военных стандартов по проектированию и техническому оснащению патрульных кораблей. Например, БОХР США исторически развивалась как вспомогательная сила ВМС, как орудие и обороны, и агрессии государства.

В ходе проектирования и строительства новых кораблей и катеров в них закладывается модульная концепция, т. е. возможность модернизации, установки дополнительного вооружения. Учитываются требования по безопасности, непотопляемости, пожаробезопасности военных стандартов. Такие подходы к проектированию и строительству имеют место в США, Норвегии, Италии и большинстве других странах.

В составе служб БОХР довольно много старых кораблей, особенно в тех странах, где поставка идет по линии военных ведомств. В то же время, несмотря на большие сроки эксплуатации их оснащение, как правило, соответствует предъявляемым требованиям. Это достигается опять же за счет своевременной модернизации вооружения патрульных кораблей.

2. В составе служб БОХР некоторых государств также имеются патрульные корабли и суда, построенные по требованиям невоенных стандартов (Германия, Дания, Швеция), которые более специализированы по своему назначению. Всего примерно 5%. Данные корабли не оснащены артиллерийским и другим оружием, имеют низкую живучесть и одновальную ГЭУ. В то же время имеют более комфортные условия для личного состава, оснащены интегрированными мостиковыми системами, что обеспечивает более высокий уровень автоматизации и соответственно меньший состав экипажа.

3. Основных проектов патрульных кораблей в составе служб БОХР, как правило, не много, в пределах шести-семи. Необходимо отметить однотипность вооружения кораблей УБМ Японии, особенно по ГЭУ и артиллерийскому вооружению. Высокий уровень унификации корабельного вооружения служб береговой охраны отмечается в большинстве государств.

4. Общая тенденция в проектировании и строительстве кораблей иностранных государств направлена на оснащение патрульных кораблей, выполняющих задачи в исключительной экономической зоне, летательными аппаратами постоянного базирования (вертолеты, беспилотные летательные аппараты). Патрульные корабли водоизмещением более 2000 т практически все имеют возможность размещать вертолет. Корабли водоизмещением менее 1000 т ангар для размещения вертолета не имеют.

5. Большинство патрульных кораблей имеют вариант корабельной энергетической установки: два дизеля,

работающих на два винта фиксированного шага. Перспективным направлением является оснащение кораблей дизель-газотурбинными установками, в силу ряда преимуществ. У кораблей ледового плавания применяется схема электродвижения.

6. Современные патрульные корабли служб береговых охран, в целом обладают высокими мореходными качествами и способны эффективно решать основные задачи по своему предназначению.

7. Артиллерийские установки являются основным оружием патрульных кораблей. Диапазон калибров в основном – от 20 до 76 мм. Дооснащение патрульных кораблей артиллерийским оружием большего калибра, противолодочными, противокорабельными и противовоздушными ракетными комплексами на новых кораблях в настоящее время не представляет проблем. Большинство патрульных кораблей строится с зарезервированным для дополнительного вооружения пространством.

8. Наиболее мощное радиотехническое вооружение (дальность обнаружения целей до 40–50 миль) и хорошие средства спутниковой связи имеют корабли УБМ Японии. Это позволяет осуществлять надежное управление кораблем и в целом силами в море.

Высокий уровень оснащения радиоэлектроникой имеют также корабли БОХР Норвегии. Корабли могут получать информацию об обстановке в море непосредственно от спутников (включены в общую систему мониторинга), имеют высокий уровень технической оснащенности, являются частью единой информационной системы. Весь процесс обмена информацией автоматизирован.

9. Корабли служб береговых охран ведущих иностранных государств в полной мере оснащены современными системами контроля экологии и спасания на море.

Настоящий анализ тенденций развития патрульных кораблей служб береговых охран, ведущих иностранных государств в целом отражает качественное состояние корабельного со-

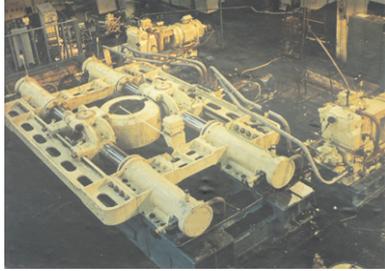
става и современные подходы руководства иностранных государств к его развитию. Данные подходы, полагаю целесообразно учитывать при выработке концептуальных направлений в области строительства и развития корабельного состава Береговой охраны с учетом возможного расширения круга задач и перспектив дальнейшего развития пограничной деятельности на море, а также всего спектра угроз нашему государству с морских направлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ мирового рынка патрульных кораблей. – М.: ФГУП «Рособоронэкспорт», 2004. – 48 с.
2. Требования мирового рынка к перспективному кораблю (судну). – М.: ФГУП «Рособоронэкспорт», 2004. – 54 с.
3. *Черный Эрнст*. Российское рыболовство. Заметки на фоне коррупции.
4. *E.R.Hooton* «Coast Protectors» armada INTERNATIONAL 5\2006 October\ November. с.24-33. с.84.
5. *Кравченко Ю.С.* Сторожевые корабли Береговой охраны США // ЗВО. – 1990. – № 11. – С.57–59.
6. http://www.warships.ru/Norway/Coastal_Guard_U.S
7. http://www.warships.ru/Coast_Guard
8. The U.S. Coast Guard: Its missions and objectives. Department of transportation. – U.S. Government printing office, 1977, p. 68.
9. *Попов Г.П., Старцев Т.В.* Радиоэлектроника на флоте вчера и сегодня. – М.: Воениздат, 1993. – 240 с.
10. *Свиных Е.* Береговая охрана Норвегии в охране живых морских ресурсов // Вестник: границы России. – 2006. – № 1 – С.52–58.
11. *Котов К.И.* Охрана территориального моря, исключительной экономической (рыболовной) зоны и континентального шельфа иностранных государств. – М.: Граница. – 2000. – 160 стр.
12. *Миронов И.В.* Программа «Дипутер» Береговой охраны США // За рубежом военное обозрение. – 2008. – №8. – С. 59–60. ■

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул.Дудко, д.3
Телетайп: 122214 NASOS RU
Тел. (812) 640-11-69
Факс (812) 640-11-72
info@proletarsky.ru
www.proletarsky.ru

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул. Дудко, 3
Тел. (812) 640-1051
Факс (812) 640-1052
sudmash@ sudmash.ru
www.sudmash.ru



ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» в настоящее время представляют собой современный научно-производственный комплекс судового машиностроения, ведущий разработку и поставку широкой номенклатуры конкурентоспособного судового оборудования для строительства отечественного флота.



ЦНИИ судового машиностроения было образовано в 1970 г. для обеспечения научно-обоснованных разработок эффективного оборудования судового машиностроения. В этом же году было создано Научно-производственное объединение в составе ЦНИИ СМ как головного предприятия и «Пролетарского завода».

Сегодня ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» - многопрофильное научно-исследовательское предприятие, обладающее высоким научно-техническим потенциалом, применяющее современные CALS-технологии.



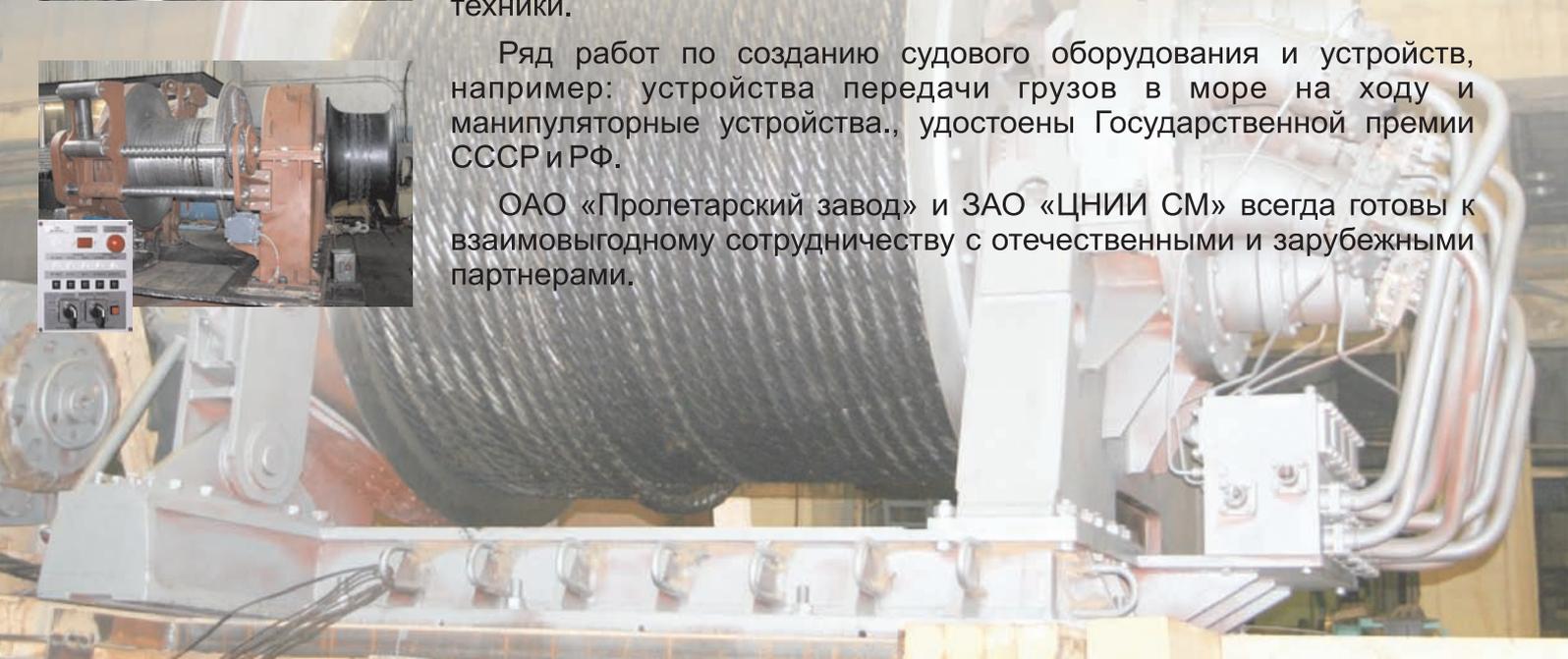
ОАО «Пролетарский завод» совместно с ЗАО «ЦНИИ СМ» создают уникальную продукцию судового машиностроения, успешно используя мировой опыт ведущих зарубежных фирм. Создаваемые изделия обладают высокой конкурентоспособностью в России и за рубежом и в ряде случаев не имеют аналогов в отечественном судостроении.

Продукция судового машиностроения одобрена Морским Регистром РФ, а также может поставляться с сертификатами иностранных классификационных обществ. В 2008 г. получены сертификаты соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 9001, а также имеются необходимые лицензии на разработку различных видов техники.



Ряд работ по созданию судового оборудования и устройств, например: устройства передачи грузов в море на ходу и манипуляторные устройства., удостоены Государственной премии СССР и РФ.

ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» всегда готовы к взаимовыгодному сотрудничеству с отечественными и зарубежными партнерами.



Широкомасштабное развитие отечественного флота на базе многофакторных научно-технических исследований во второй половине XX столетия вызвало необходимость создания в 1970 г. ЦНИИ судового машиностроения и Научно-производственного объединения (НПО) в составе этого института и «Пролетарского завода» для обеспечения строящегося отечественного флота современным высокоэффективным судовым машиностроительным оборудованием.

Институтом совместно с заводом была проведена большая работа по созданию и освоению в серийном производстве широкой номенклатуры судового машиностроительного оборудования, обладающего высокой конкурентоспособностью. Целый ряд разработанного оборудования по своей уникальности не имел отечественных и зарубежных аналогов.

Благодаря накопленному опыту, научному обеспечению и наличию хорошо оснащенных исследовательской и производственной баз был создан целый ряд судовых машин, механизмов и устройств, в том числе:

- электрогидравлические рулевые машины 3-го поколения с расширенным диапазоном крутящих моментов до 4000 кНм;
- аксиально-поршневые гидромоторы и насосы для гидравлических приводов судовых механизмов;
- устройства постановки и выборки гибких протяженных антенн «Руза-П» и УПВ-1;
- успокоители качки УКА 89-3, УКА-0,56;
- погружные блоки гидравлики для АГС;
- бактерицидная установка «БАКТ-3» для обеззараживания пресной воды методом ультрафиолетового облучения, получившая диплом на Международной выставке в Брюсселе;
- электрогидравлический специальный привод ПЭГС-16;
- судовые палубные краны в одиночном и двоярном исполнении грузоподъемностью 12,5 и 25 т;
- кран «Атлант» грузоподъемностью 12,5 т;
- краны мостовые судовые с электрическим приводом для подъемно-транспортных работ в машинных отделениях грузоподъемностью от 3,2 до 10 т;
- обратноосмотическая опреснительная установка производительностью 20 м³/в сут. и другие устройства водоподготовки и целый ряд других изделий судового машиностроения.

Необходимо особо отметить решение целого ряда наукоемких про-

В АВАНГАРДЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ К 40-ЛЕТИЮ ЦНИИ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

*А.А. Арутюнян, канд.техн.наук, ген. директор ОАО «Пролетарский завод»,
Д.В. Суслов, канд.техн.наук, директор,
В.Д. Завирухо, советник ген. директора-ученый секретарь, ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 6401054*

блем, к которым следует отнести следующие:

1. Создание экспериментального комплекса и элементной базы с одновременной разработкой теории и методов проектирования манипуляционных систем для глубоководных аппаратов с целью эффективного проведения научных исследований, связанных с изучением Мирового океана.

В результате коллективного творчества ученых и конструкторов ЦНИИ СМ был разработан ряд манипуляторных устройств, которые были изготовлены «Пролетарским заводом», установлены и по сей день успешно эксплуатируются на объектах заказчика. За выполнение данного комплекса работ главный конструктор В.Н. Белоусов был удостоен Государственной премии России.

За развитие этого направления работ бывший генеральный директор ОАО «Пролетарский завод» В.Ф. Суслов и главный конструктор по специализации А.В. Никитин удостоены Государственной премии РФ имени маршала Советского Союза Г.К. Жукова.

2. Организация мощной научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы, позволившей провести целый ряд работ по проектированию и изготовлению взлетно-посадочного комплекса, состоящего из катапульты, аэрофинишеров и аварийного барьера.

Под техническим руководством главного конструктора А.А. Булгакова была разработана методика измерения параметров взлетно-посадочного комплекса, определены основные характеристики входящих в него отдельных устройств, разработаны и исследованы математические модели и проведены натурные испытания катапульты и аэрофинишера.

Созданный образец взлетно-посадочного комплекса был установлен на первом отечественном авианесущем

крейсере с самолетами горизонтальной посадки.

3. Разработка и производство универсального устройства для передачи-приема сухих (массой до 4 т) и жидких грузов производительностью до 1000 т/час. Решение этой задачи потребовало создания специального испытательного стенда, на котором был проведен комплекс научно-исследовательских и экспериментальных работ, включающих исследования динамики в тросошланговых системах траверзных устройств с разработкой методов оптимизации их основных параметров.

Изготовленный «Пролетарским заводом» комплекс «Струна В 4,0-1000» установлен на танкере «Днестр» и БПК «Адмирал Макаров». Комплекс работ по этому тематическому направлению также был отмечен Государственной премией СССР.

В настоящее время ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» представляют собой функционально сложившийся современный Научно-производственный комплекс (НПК) судового машиностроения, который обладает мощным научно-техническим и производственным потенциалом, выполняет весь цикл создания машиностроительных изделий - от исследования и разработок до их изготовления, испытаний и поставок, а также обеспечивает гарантийное и сервисное обслуживание машиностроительного оборудования, находящегося в эксплуатации.

В институте и на заводе работают специалисты высшей квалификации, среди которых – академик СПб Инженерной академии, член-корреспондент, 18 кандидатов технических наук, два заслуженных изобретателя РФ, 8 заслуженных машиностроителей РФ и пять заслуженных конструкторов РФ.

По разработкам института завод изготавливает и поставляет судовое машиностроительное оборудование (в ряде случаев не имеющее аналогов в

мировой практике и обладающее высокой конкурентоспособностью):

- взлетно-посадочные комплексы для авианесущих кораблей;
- устройства передачи с сухих и жидких грузов между судами в море на ходу;
- подводные манипуляторные устройства с дистанционным управлением;
- рулевые машины роторного и плунжерного типов;
- успокоители качки;
- типоряд аксиально-поршневых гидромоторов и насосов высокого давления;
- судовые электрогидравлические краны;
- палубные механизмы;
- устройства для транспортировки палубных вертолетов;
- гидрооборудование;
- обратноосмотические опреснительные установки;
- аппараты бактерицидные;
- комплекты электрогидравлических механизмов для устройств транспортировки корабельных вертолетов и привода ворот;
- спуско-подъемные устройства различного типа и назначений и многое другое.

Практически на всех кораблях и судах военно-морского, гражданского флотов, от тяжелого авианесущего крейсера до прогулочного катера, установлены изделия, разработанные ЗАО «ЦНИИ СМ» и изготовленные ОАО «Пролетарский завод». Изделия судового машиностроения в судостроительной практике принято называть – судовое комплектующее оборудование (СКО).

Только за период 2005 – 2009 гг. по разработанным проектам ЗАО «ЦНИИ СМ» изготовлены «Пролетарским заводом» и поставлены на объекты для строительства отечественного флота целый ряд нового машиностроительного оборудования, основными из которых являются:

Для оснащения кораблей ВМФ:

- для заказа 20380: – устройство транспортировки вертолета УХПТВ, спуско-подъемное устройство (СПУ ПБВ-М) для изделия «Минотавр-М»;
- для заказа «Лада»: – устройство ИКУ-135 СНМ;
- для заказа 02668: – лебедка ЛГС 4-1А, обратноосмотическая опреснительная установка ПРО-5, кран-манипулятор КМ1;
- для заказа «Борей»: – рулевые машины ВР, КГР и НГР, лебедка ЛГС 39-2;
- для заказа пр.971: – модернизированное устройство УПВ1-3;
- для изделия «Калитка-О»: – шпиль гидравлический ШГ-28;
- для заказа 20180: – кран-балка КБЭВ-1, два крана КЭГ80019С, лебед-

ки ЛТП6, ЛБГ40 и ЛГГ80;

- для заказа 210: – гидравлические приборы ЛСУ «Фианит-1»;
- для заказа ССВ-175: – спуско-подъемное устройство (СПУ) для МБЛ6П-02;
- для заказа 08850: – лебедка ЛГС-38;
- для заказа 16811: – блок гидравлики, СМК1;
- для ОАО «СЗ «Северная верфь»: – успокоитель качки УК-4,5;
- для ОАО «Окская судостроительная»: – кран КЭГ20031С.

Для судов гражданского флота:

- для Морской ледовой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная»: – блок фильтров грубой очистки заборной воды;
- для ОАО «Средне-Невский судостроительный завод»: – рулевая машина РГПМ1;
- для заказа 00120: – «Ш ланг В-250»;
- для заказа 91030 (заказчик ООО «Путер-Газ»): – лебедки ЛЯШ 125/300 (4 шт.);
- для Газпрома: – кран КЭГ2013.

На экспорт было разработано, изготовлено и поставлено машиностроительное оборудование, основными из которых являются:

- для заказов пр.956 ЭМ (зав.№ 891, 892): – комплексы устройств УХПТВ;
- для заказа пр.11430: – рулевые машины Р35Э, изделия «Светлана-2НИ»;
- для заказа «Амур-1650»: – головной образец шпиля ШГ25-1;
- для заказа пр.11356: – рулевая машина РЭГ8-3МЭ.

Задачи развития ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» в области судового машиностроения определены следующими документами:

- Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года;
- Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года;
- Стратегия судостроительной промышленности Российской Федерации до 2020 года и на дальнейшую перспективу;
- ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 годы»;
- ФЦП «Развитие транспортной системы России»;
- ФЦП «Национальная технологическая база»;
- ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011 – 2020 годы» (формируется в настоящее время).

Основным направлением деятельности института и завода по обеспечению конкурентоспособности выпускаемой продукции является создание и развитие наукоемких изделий су-

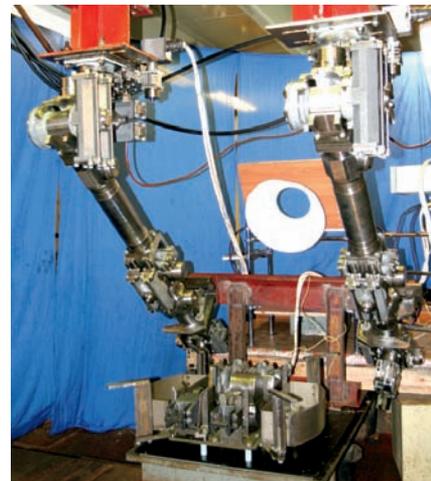
догов машиностроения и освоение наукоемких современных производственных технологий.

В настоящее время получили свое дальнейшее развитие следующие направления работ по созданию перспективной наукоемкой техники судового машиностроения:

- аэрофинишеры корабельных посадочных комплексов;
- автоматизированные погружные манипуляторные комплексы;
- устройства передачи с сухих и жидких грузов в море на ходу траверзным способом;
- палубные судовые краны повышенной грузоподъемности.



Аэрофинишеры корабельных посадочных комплексов



Манипуляторное устройство для подводных работ



Устройство передачи сухих и жидких грузов в море на ходу траверзным способом



Кран грузовой электрогидравлический грузоподъемностью 80 т

Для успешного решения наукоемких задач развития судового машиностроения прежде всего необходимы высокопрофессиональные кадры по соответствующим специализациям.

Для обеспечения подготовки инженерных и научных кадров для решения наукоемких задач по судовому машиностроению при ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» создан филиал кафедры «Технологии судового машиностроения» СПб ГМТУ, который успешно функционирует с 2006 г.

Оба предприятия имеют лицензии на разработку и производство изделий судового машиностроения военного и гражданского назначения; сертификаты соответствия систем менеджмента качества на гражданскую и военную технику.

Деловое и научно-техническое сотрудничество связывает ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» со многими предприятиями СНГ и фирмами США, Германии, Англии, Японии, Индии, Китая, Сингапура, Вьетнама и других стран.

На пути развития судового машиностроения имеются весьма серьезные проблемы. Основными из них, влияющими на конкурентоспособность СКО и развитие судового машиностроения, являются:

- Оснащенность производства в значительной степени устаревшим оборудованием с износом порядка 60%, что осложняет освоение современных эффективных технологий.

- Отсутствие системно проводимых НИОКР, финансируемых как ранее из Госбюджета по перспективным направлениям судового машиностроения, не способствует его развитию и пагубно сказалось на подготовке для судового машиностроения профессиональных кадров, прежде всего, средних и высоких категорий, что, безусловно, отрицательно влияет на качество и сроки создаваемого оборудования.

В соответствии с утвержденной Федеральной целевой программой (ФЦП) «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 гг.» предусмотрено ограниченное финансирование ОКР по

номенклатуре СКО ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ», начиная с 2011 г., а не с 2009 г., как должно, в принципе, быть, так как создание и серийное освоение в производстве конкурентоспособного СКО требует значительного времени, порядка трех-пяти лет, и должно носить опережающий характер по выполнению ФЦП. Что касается предполагаемого финансирования НИР и ОКР по развитию судового машиностроения для перспективных кораблей ВМФ, то к настоящему времени, государственная программа (ГПВ–2020) еще находится в разработке.

- Строительство в небольших количествах для ВМФ маломерных кораблей также не способствует развертыванию в должной мере производственных мощностей судового машиностроения, производственная недогруженность которых доходит до 50%. Производство СКО при этом приобретает характер фактически единичного изготовления.

Это обстоятельство вызывает неоправданные материальные издержки при создании судового машиностроительного оборудования, которые приводят к его значительному удорожанию, т.к. все затраты, в т.ч. на проектные и технологические работы, приводятся к единичному изделию, что в итоге снижает его конкурентоспособность.

Отсутствие возможности изготовления серии новых типов судового машиностроительного оборудования по указанной причине также исключает в возможности системного проведения работ по развитию техники перспективного судового оборудования и накопления средств на обновление производственных мощностей и освоения новых эффективных технологий.

- Только около 6% общего объема заказов на строительство гражданских судов для российских судоходных компаний приходится на долю отечественных верфей.

Этот фактор также отрицательно сказывается на загрузку производства и развитие судового машиностроения.

Создание наукоемкого современного судового машиностроительного оборудования требует значительно большего времени, чем время на строительство судна, корабля, конкурентоспособность которых напрямую зависит от технических и стоимостных характеристик этого оборудования.

Указанные очевидные определения являются главными идеологическими посылами для принятия системно-обrazующих мероприятий по развитию судового машиностроения, которое должно выполнять свою главную роль – обеспечение судовым комплекующим

оборудованием (СКО) строительства отечественных конкурентоспособных, перспективных судов и кораблей.

Авангардная роль функционально сложившегося научно-производственного комплекса (НПК) судового машиностроения определяется прежде всего конкурентоспособностью его продукции, которая, в основном, зависит от технического уровня, качества, стоимости и сроков поставки изделий судового машиностроения.

Для обеспечения конкурентоспособности СКО и поддержания ее постоянно на надлежащем уровне, исходя из современной технико-экономической идеологии, необходимо обеспечить проведение в НПК работ по следующим стратегическим направлениям:

1. Вести на постоянной системной основе работы по опережающему проектированию перспективного СКО на базе НИОКР, финансируемых как из собственных средств, так и из средств Госбюджета (Федеральные целевые программы).

Исходя из современных принципов, это проектирование должно заключаться в разработке типорядов перспективного СКО на уровне не ниже технического проекта. При этом типоряды СКО должны разрабатываться, исходя из обозримой ближней и дальней перспективы строительства судов и кораблей и с учетом освоения производством современных эффективных технологий.

2. Техническое перевооружение производства с освоением новых эффективных технологий (за счет ФЦП и собственных средств предприятия).

3. Обеспечение предприятия высокопрофессиональными инженерными и научными кадрами путем:

- ускоренной адаптации к производству предприятия студентов СПб ГМТУ через обучение на филиале кафедры ТСМ при предприятии;
- обучения перспективных специалистов в целевой аспирантуре;
- проведения ежегодного конкурса работ молодых специалистов.

Работа коллектива предприятия по этим направлениям ведется и уже дала ряд положительных практических результатов, о чем свидетельствуют итоги работы ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» за 2008 и 2009 г.

Развивая указанные стратегические направления работ, необходимо непрерывно вести сложный процесс конкурентной борьбы за достойное место в Рыночной экономике, обеспечивая тем самым развитие научно-технического и промышленного потенциала судового машиностроения. ■

Одним из эффективных направлений повышения конкурентоспособности изделий судового машиностроения являются работы по достижению высокого уровня технологичности, так как от этого зависят качество, сроки изготовления, стоимость, эксплуатационные затраты и ряд других факторов. Проведение подобных работ приобретает большую эффективность при системном подходе к решению этой важной проблемы. В данной работе предложен системно-методологический подход к решению данной задачи на каждом этапе создания изделий судового машиностроения при помощи комплексных оценок уровня технологичности в целом.

Опыт работы ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» по созданию судового комплектующего оборудования позволил выработать определенные подходы к проектированию подобных устройств. Основная задача при разработке конкурентоспособного судового комплектующего изделия – проектирование рациональной и технологичной конструкции. Необходимо предусматривать обязательную отработку конструкции судового комплектующего оборудования на технологичность на всех стадиях ее создания.

Под технологичностью конструкции изделия (ГОСТ 14.205–83) понимается совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовления, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта.

К условиям изготовления или ремонта изделия относятся: тип производства, его специализация и организация, годовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы.

Количественная оценка технологичности строится на системе показателей (ГОСТ 14.201–83), которая включает базовые показатели технологичности, достигнутые при разработке изделия и внесенные в стандарты или ТУ.

Различают производственную и эксплуатационную технологичность. Первая проявляется в сокращении затрат при подготовке и изготовлении изделий, вторая – в сокращении затрат на обслуживание и ремонт. При отработке изделия на технологичность для условий производства необходимо учитывать: объемы выпуска и уровень специализации рабочих мест, виды заготовок и

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СУДОВОГО КОМПЛЕКТУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

*А.А. Арутюнян, канд. техн. наук, ген. директор ОАО «Пролетарский завод»,
Д.В. Сулов, канд. техн. наук, директор,
В.Д. Завирухо, советник ген. директора – ученый секретарь,
А.А. Георгиев, нач. сектора, ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1004.*

методы их получения; виды и методы обработки, виды и методы сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний, возможность использования типовых технологических процессов, имеющегося технологического оборудования и оснастки: возможность механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства; условия материально-технического обеспечения, квалификационный уровень рабочих.

При рассмотрении судового комплектующего оборудования как объекта эксплуатации анализируются условия работы, удобства обслуживания, ремонта, требования техники безопасности, возможности хранения и транспортировки.

ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИЮ

Коэффициент унификации конструкции изделия в целом можно определить следующим образом:

$$k_y = \frac{e_y + d_y}{e + d}, \quad (1)$$

где e_y – количество унифицированных сборочных единиц в изделии; d_y – количество унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в e_y (стандартные крепежные детали не учитываются); e – количество сборочных единиц в изделии; d – общее количество деталей в изделии без учета стандартного крепежа.

Следует стремиться к тому, чтобы этот показатель был как можно выше, т.е. по возможности к максимальной унификации составляющих в изделии.

Исходя из этого соотношения, коэффициент унификации с борочных единиц:

$$k_{ye} = e_y / e; \quad (2)$$

коэффициент унификации деталей

$$k_{yd} = d_y / d. \quad (3)$$

Аналогично коэффициенту унификации конструкции изделия в целом коэффициент стандартизации изделия можно определить по соотношению:

$$k_{ce} = \frac{e_{ce} + d_{ce}}{e + d}, \quad (4)$$

где e_{ce} – количество стандартных сборочных единиц в изделии; d_{ce} – число стандартных деталей, являющихся составными частями изделия и не входящих в e_{ce} (стандартные крепежные детали не учитываются).

Аналогично унификации изделия следует стремиться к тому, чтобы этот показатель был как можно выше.

При этом коэффициент стандартизации сборочных единиц:

$$k_{ce} = e_{ce} / e; \quad (5)$$

коэффициент стандартизации деталей:

$$k_{cd} = d_{ce} / d; \quad (6)$$

коэффициент контролепригодности изделия:

$$k_k = \frac{h_{kp} + h_{tk} - 1}{h_{kp} \cdot h_{tk}}, \quad (7)$$

где h_{kp} – количество контролируемых параметров в изделии; h_{tk} – количество узлов контроля в изделии.

ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Трудоемкость изготовления изделия:

$$T = \sum_i T_i, \quad (8)$$

где T_i – трудоемкость изготовления, сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний i -й составной части изделия, норм-ч.

Технологическую себестоимость изделия можно определить следующим образом:

$$C = C_m + C_z + C_{in} + C_o, \quad (9)$$

где C_m – расходы на сырье и материалы (без стоимости отходов), руб.; C_z – основная заработная плата производственных рабочих с начислениями, руб.; C_{in} – расходы на износ инструмента и приспособлений целевого назначения, руб.; C_o – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

Коэффициент применения, типовых технологических процессов:

$$k_{tp} = t_{tp}/t, \quad (10)$$

где t_{tp} – трудоемкость операций, выполняемых по типовым технологическим процессам, t – общая трудоемкость операций.

Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов

$$k_{am} = t_{tp}/t, \quad (11)$$

где k_{am} – трудоемкость операций, выполняемых с помощью средств механизации и автоматизации.

Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов контроля

$$k_{max} = t_{max}/t_k, \quad (12)$$

где t_{max} – трудоемкость операций контроля, выполняемых с помощью средств автоматизации и механизации; t_k – общая трудоемкость контроля изделий.

Относительная трудоемкость сборочно-монтажных работ при изготовлении изделия

$$t_0 = t_s/t_i, \quad (13)$$

где t_s – трудоемкость операций сборочно-монтажных работ, t_i – общая трудоемкость изготовления изделия.

Относительная трудоемкость настраиваемо-регулируемых работ:

$$t_{on} = t_n/t_i, \quad (14)$$

где t_n – трудоемкость настраиваемо-регулируемых работ.

Коэффициент использования материала:

$$t_{im} = m_d/m_{zd}, \quad (15)$$

где m_{zd} – масса заготовки детали, m_d – масса готовой детали.

БАЗОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Условно все сборочные единицы по номенклатуре используемых показателей технологичности можно условно разбить на три класса: электрические, гидравлические и электрогидравлические.

Для каждого типа можно установить состав показателей технологичности,

которые принимаются как базовые для данного типа. Для удобства оценки общее количество показателей, характеризующих технологичность не должно превышать семи.

К перечисленным выше показателям технологичности, из которых выбираются базовые возможно добавить еще ряд обобщенных базовых. К последним относится трудоемкость изготовления сборочного узла

$$t_{by} = t_a + k_{c1} + k_t \quad (16)$$

где t_a – трудоемкость конструкции-аналога проектируемого узла или трудоемкость, полученная по данным статистики; k_{c1} – коэффициент сложности сборочной единицы, определяемый сравнением соответствующих технических требований к старым и новым конструкциям или как отношение технических параметров проектируемой конструкции к параметрам аналога или прототипа; k_t – коэффициент снижения трудоемкости изготовления изделия,

$$k_t = \left(\frac{100}{100 + k_{pt}} \right)^t, \quad (17)$$

где k_{pt} – планируемый рост производительности труда; t – период времени от начала проектирования до запуска в производство.

Уровень технологичности изделия (сборочной единицы) определяется как отношение значения достигнутого показателя технологичности к базовому. Числовые значения базовых показателей устанавливаются и утверждаются для каждого конкретного предприятия с учетом специфики выпускаемых изделий и достигнутого организационно-технического уровня производства. Естественно, что ниже уровня базовых показателей технологичности новая разрабатываемая конструкция быть не должна.

Основным показателем оценки технологичности конструкции является комплексный показатель K , который определяется с помощью базовых показателей по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^s k_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^s f_i}, \quad (18)$$

где k_i – значение показателя по таблице базовых показателей соответствующего класса сборочных единиц; f_i – весовая значимость i -го показателя, s – общее количество показателей. Независимо от полноты состава определяемых показателей на различных стадиях проектирования f_i принимается для каждого показателя в соответствии с установленной весовой значимостью.

Расчет нормативного комплекса показателя проводится по формуле:

$$k_h = k_a \cdot k_{sl} \cdot k_{ty} \cdot k_{op} \cdot k_{ot} \cdot k_n, \quad (19)$$

где k_a – комплексный показатель изделия-аналога; k_{sl} – коэффициент сложности (технического совершенства) нового изделия по сравнению с аналогом; k_{ty} – коэффициент, учитывающий изменения технического уровня основного производства завода-изготовителя нового изделия по отношению к заводу-изготовителю изделия аналога; k_{op} и k_{ot} – коэффициенты, учитывающие изменения уровня организации производства и труда завода-изготовителя нового изделия по отношению к заводу-изготовителю изделия-аналога; k_n – коэффициент, учитывающий изменения типа производства (отношение коэффициента серийности нового изделия по отношению к изделию-аналогу).

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ СУДОВОГО КОМПЛЕКТУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Коэффициент применяемости деталей

$$k_{pd} = \frac{1 - t_{tor}}{d_t}, \quad (20)$$

где d_{tor} – количество типоразмеров оригинальных деталей в сборочной единице, d_t – общее количество деталей (типоразмеров) в сборочной единице без учета нормализованного крепежа.

Коэффициенты применяемости и повторяемости элементов соответственно

$$k_{pe} = \frac{1 - h_{tor}}{h_{te}}, \quad (21)$$

$$k_{пов} = \frac{1 - h_{te}}{h_e},$$

где h_{tor} – количество типоразмеров оригинальных элементов в сборочной единице, h_{te} – общее количество типоразмеров в сборочной единице; h_e – общее количество элементов в сборочной единице, шт.

К оригинальным деталям относятся те, которые впервые разрабатываются самим предприятием или в порядке кооперации. К элементам сборочной единицы относятся электродвигатели, гидронасосы, гидромоторы, устройства управления, соединения, электронные модули и т. п. Под типоразмером элемента понимается габаритный размер (без учета номинальных значений). Коэффициент использования электронных или гидравлических модулей:

$$k_{im} = \frac{h_m}{h_m + h_e}, \quad (22)$$

где h_e – общее количество модулей в сборочной единице, шт.; h_m – количество прочих комплектующих в сборочной единице.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа сборочной единицы

$$k_{am} = h_{am}/h_m, \quad (23)$$

где h_{am} – количество монтажных соединений, осуществляемых механизированным или автоматизированным способом; h_m – общее количество монтажных соединений.

Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки параметров

$$k_{mkn} = h_{mkn}/h_{kn}, \quad (24)$$

где h_{mkn} – количество операций контроля и настройки, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом. В число таких операций включаются и те, которые не требуют использования средств механизации; h_{kn} – общее количество операции контроля и настройки.

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$k_f = d_{pr}/d, \quad (25)$$

где d_{pr} – количество деталей, заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, порошковой металлургией, литьем по выплавляемым моделям, под давлением и в кокиль, пайкой, сваркой, склеиванием, из профилированного материала), шт.

Все остальные показатели технологичности конструкции сборочных единиц могут быть определены аналогично показателям технологичности для изделий судового комплектующего оборудования, формулы расчета которых приведены выше.

В целях обеспечения высокого технического уровня изделий для всех предприятий отрасли, разрабатывающих и выпускающих судовое комплектующее оборудование, необходимо установить нормативы комплексных показателей, которые характеризуют

достигнутый предел технологичности, ниже которого показатели вновь разрабатываемого изделия быть не должны.

Предложенный в данной статье теоретический подход к повышению уровня технологичности изделий судового машиностроения путем дифференцированных и комплексных оценок данного оборудования на всех стадиях его создания позволяет оценивать степень технологичности создаваемого оборудования и без значительных материальных затрат, что особенно важно в условиях современной рыночной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 14.205–83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.
2. ГОСТ 14.205–83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. ■

Сложность электромагнитной обстановки (ЭМО), складывающейся при эксплуатации технических объектов морского базирования (ТОМБ), плотно укомплектованных разнообразной радиоэлектронной аппаратурой, препятствует совместному эффективному функционированию их радиотехнических систем. При этом ЭМО присущ зачастую вероятностный характер вследствие множества источников радиопомех и меняющихся условий эксплуатации. При этом условия эксплуатации ТОМБ имеют свои особенности. Первая особенность заключается в наличии на ТОМБ разветвленной верхнепалубной архитектуры, состоящей из проводящих элементов, искажающих нормированные характеристики эксплуатируемых приемных и передающих антенн, вторая – в образовании отдельного вида радиопомех, создаваемых верхнепалубными устройствами (ВПУ) ТОМБ, которые вносят существенный вклад в общую ЭМО. Третья особенность заключается в наличии подстилающей морской поверхности, вносящей свои коррективы в общую ЭМО на ТОМБ. Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) радиотехнических систем (РТС) на ТОМБ напрямую зависит от качества оценки складывающейся на них ЭМО,

поддающейся в той или иной мере прогнозированию. Одним из направлений совершенствования методического аппарата по прогнозированию ЭМО на ТОМБ является учет влияния основных элементов и структур, переизлучающих электромагнитные поля его радиотехнических средств.

К ТОМБ относятся разнообразные виды технических объектов, таких как сложные транспортные технические и технологические системы морского базирования, морские суда различных классов, морские корабли различного назначения, нефтегазодобывающие буровые платформы, мобильные гавани и т. д. Специфика ТОМБ – в наличии большого количества всевозможных радиоэлектронных средств (РЭС), имеющих большие излучаемые мощности и занимающих различные диапазоны радиочастот, при этом его радиоприемные устройства имеют высокую чувствительность, что налагает жесткие ограничения на допустимые уровни возможных радиопомех, создаваемых в числе прочего соседствующими РЭС [1]. Все это осложняет совместную работу РТС ТОМБ [2]. Например, для ведения радиосвязи с ТОМБ используют вертикальные поляризованные ненаправленные антенны метровых и дециметровых волн. При этом число таких антенн может достигать более десятка при ограниченных возможностях по их размещению. Поэтому большинство из них не следует размещать выше верхнепалубных надстроек ТОМБ, и горизонтальное расстояние между антеннами и металлическими элементами верхнепалубной архитектуры часто невелико. По этой причине диаграммы направленности большинства как приемных, так и передающих антенн радиосвязи, размещенных на ТОМБ, значительно отличаются от круговых [3]. При этом не стоит забывать, что в основном в пределах ТОМБ электромагнитное поле (ЭМП) радиопередатчиков окончательно не сформировано, и структура электромагнитных волн соответствует ближней зоне излучения, что также усложняет ситуацию. В некоторых случаях это относится и к устройствам радиолокационного профиля. К этому также добавляется то, что помимо основного излучения радиопередатчиков сущест-

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ЗА СЧЕТ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕИЗЛУЧАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУР

Д.В. Лазарев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Метрология и сертификация» Московского государственного института электроники и математики (технического университета), ст. науч. сотр. ОАО «ЦНИИ «Курс», контакт. тел. 8(495)3657539

твует наличие внеполосного и побочного излучения, которое также взаимодействует с верхнепалубной архитектурой и усложняет общую ЭМО на ТОМБ.

При взаимодействии ЭМП собственных радиопередатчиков и несовершенных контактов в конструкциях ВПУ ТОМБ образуется дополнительный повышенный уровень помех радиоприему, которые называются контактными (КРП). Контактные радиопомехи образуются в результате воздействия ЭМП мощных радиопередатчиков ТОМБ на его верхнепалубные проводящие конструкции, содержащие разъемные контактные соединения (РКС), подверженные механическому и коррозионному воздействию в результате эксплуатации ТОМБ, и переизлучения этими конструкциями существенно измененного по структуре ЭМП, имеющего значительный уровень на входе бортовых радиоприемных устройств. Полосы частот, пораженных КРП, возникают не только около основных и гармонических излучений радиопередатчиков ТОМБ. В определенных условиях, а именно при наличии коррозии в соединениях элементов конструкций, когда они приобретают нелинейные свойства, КРП поражаются также частоты, образованные комбинациями частот, одновременно работающих радиопередатчиков, такие контактные помехи называются интермодуляционными (ИКРП) [4]. Соответственно увеличение мощности облучающего ЭМП радиопередатчиков приводит не только к повышению уровня КРП, но и к резкому расширению суммарной полосы частот, занятой КРП.

Высокий уровень КРП возникает при контактировании между элементами конструкции с большой поверхностью или большими размерами (верхнепалубные мачты и леерные ограждения, оттяжки антенн и т.п.). Примером может служить механизм образования КРП в ВПУ ТОМБ (рис.1) [5].

В качестве примера можно привести измеренные значения ширины полос КРП, излучаемых судовой оснасткой в зависимости от скорости движения морского судна, вызывающей вибрации корпуса, в случае работы радиопередатчика в диапазоне декаметровых радиочастот (табл. 1) [6]. Данные

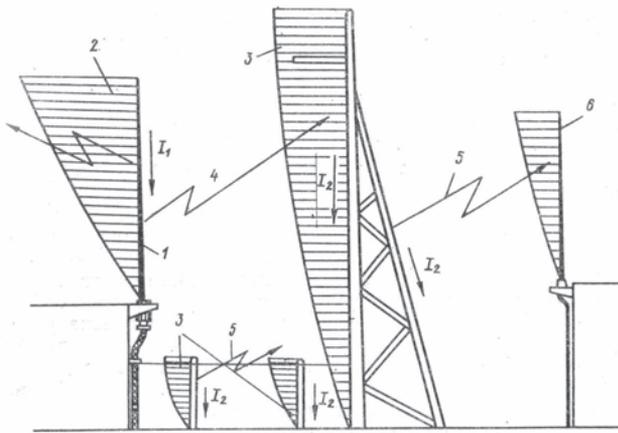


Рис. 1. Распределение токов и напряжений на ВПУ
 1 – передающая антенна; 2 – распределение напряжения в передающей антенне; 3 – распределение напряжения в ВПУ; 4 – основное излучение радиопередатчика; 5 – вторичное излучение ВПУ; 6 – приемная антенна;
 I_1 – рабочий ток передатчика; I_2 – ток, протекающий в ВПУ

в таблице получены при следующих условиях: радиопередатчик мощностью 1 кВт был подключен к 10-метровой антенне. Приемник с чувствительностью 2 мкВ с узкой полосой частот подключен к 6-метровой антенне. Расстояние между антеннами равнялось 12 мВ. Расстояние от антенн до корабельной оснастки около 10 – 12 м.

Таблица 1

Значения ширины полос КРП

Основная частота, МГц	Основная ширина полосы, кГц	Ширина полосы КРП на гармониках, кГц				
		1	2	3	4	5
Скорость судна – 10 уз						
3	200	20	10	0	10	–
5	200	20	40	10	–	–
10	200	40	–	–	–	–
15	200	–	–	–	–	–
20	200	–	–	–	–	–
Скорость судна – 18 уз						
3	400	200	20	10	20	40
5	400	200	60	40	–	–
10	800	200	–	–	–	–
15	1000	–	–	–	–	–
20	1000	–	–	–	–	–

Таким образом, данный вид радиопомех может вносить существенные коррективы в организацию совместного функционирования РТС ТОМБ и распределения используемого радиочастотного спектра (РЧС).

В целях рационального использования РЧС, эффективного функционирования РТС ТОМБ и обеспечения их ЭМС прогнозируют возможную ЭМО, складывающуюся при эксплуатации РТС ТОМБ.

Вначале попробуем смоделировать непосредственно причину возникновения случайных КРП. В качестве примера рассмотрим облучаемую ЭМП конструкции ВПУ ТОМБ, содержащая РКС в виде пластинчатой пружины (рис. 2а). Переходная электрическая зона РКС в общем случае характеризуется тремя первичными электрическими параметрами: эквивалентной переходной резистивностью R_K , эквивалентной переходной индуктивностью L_K , эквивалентной переходной емкостью C_K . Реактивные переходные сопротивления РКС начинают сказываться на высоких частотах наводимого электрического тока.

При воздействии вибрационных механических и коррозионных факторов на такое РКС его первичные переходные электрические параметры за счет образующейся коррозионной пленки становятся нелинейными относительно проходящего сигнала, а за счет неидеальной контактной жесткости и

невысокого постоянного контактного усилия при наличии вибрации – параметрическими.

Эквивалентная механическая модель такого РКС может быть представлена в виде распределенной механической системы с двумя степенями свободы (рис. 2б). Ей соответствует система нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка. Нелинейность механической модели РКС обусловлена тем, что параметры механического контакта: контактная жесткость $k_k(h_j(t))$ и коэффициент диссипации механической энергии контактного перехода $b_{kj}(h_j(t))$, зависят от существующей деформации $h_j(t)$.

На рис. 2, в представлена соответствующая эквивалентная нелинейно-параметрическая электрическая модель переходной зоны РКС. Она описывается системой нелинейно-параметрических дифференциальных уравнений второго порядка.

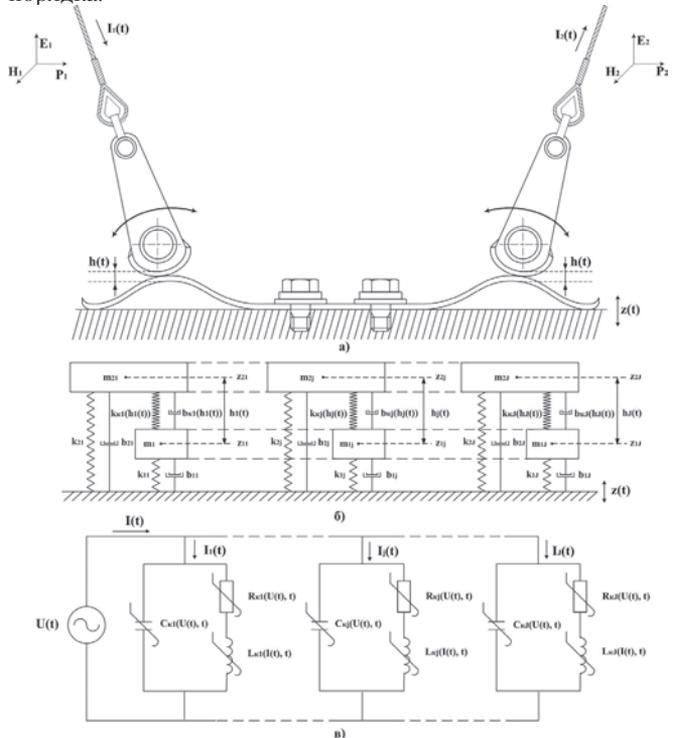


Рис. 2. Конструкция верхнепалубных устройств, содержащая РКС в виде пластинчатой пружины, подвергающейся механическому и коррозионному воздействию (а); эквивалентная механическая (б) и эквивалентная электрическая модели переходной зоны такого РКС (в)

С точки зрения математического описания удобно преобразование наводимого в конструкции сигнала рассматривать как последовательное нелинейное безынерционное, а затем параметрическое инерционное преобразования (рис. 3).

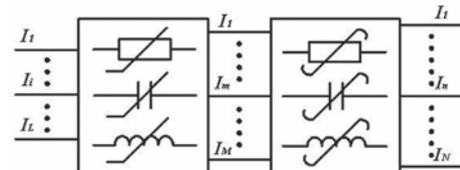


Рис. 3. Последовательное нелинейно-параметрическое преобразование спектрально-энергетических характеристик наведенного электрического тока, проходящего через РКС, подвергающееся вибрационному механическому и коррозионному воздействию

При этом можно ввести понятия о соответственно нелинейной и динамической неустойчивостях первичных переходных электрических параметров РКС. Количественно оценить нелинейную и динамическую неустойчивость удобно с помощью полных коэффициентов передачи по току а общую неустойчивость РКС оценивать с учетом инерционности с

помощью обобщенного коэффициента передачи по току. Используя такой подход наглядно видно, как наведенный электрический ток, последовательно подвергаясь нелинейной и динамической неустойчивостям, существенно расширяет свой спектр, что приводит к образованию широкополосных, распределенных по частотному диапазону, КРП, затрудняющих обеспечение ЭМС РТС ТОМБ.

Совместное рассмотрение механической и электрической моделей РКС приводит к построению следующей комплексной системы уравнений для каждой элементарной/той контактной зоны, на которые разбивается общая контактная поверхность вследствие неравномерности контактного усилия:

$$\begin{cases} \dot{K}_{RLj}(\omega, R_{kj}, L_{kj}, C_{kj}) = \\ = \frac{R_{kj}^2 + (\omega L_{kj})^2 - \omega^2 R_{kj}^2 C_{kj} L_{kj} - \omega^4 C_{kj} L_{kj}^3 + j(-\omega C_{kj} R_{kj}^3 - \omega^3 C_{kj} L_{kj}^2 R_{kj})}{((1 - \omega^2 C_{kj} L_{kj})^2 + \omega^2 R_{kj}^2 C_{kj}^2) \cdot (R_{kj}^2 + (\omega L_{kj})^2)}; \\ \dot{K}_{Cj}(\omega, R_{kj}, L_{kj}, C_{kj}) = \frac{\omega^4 C_{kj}^2 L_{kj}^2 + \omega^2 C_{kj}^2 R_{kj}^2 - \omega^2 L_{kj} C_{kj} + j\omega C_{kj} R_{kj}}{(1 - \omega^2 C_{kj} L_{kj})^2 + \omega^2 R_{kj}^2 C_{kj}^2}; \\ \dot{K}_j(\omega, R_{kj}, L_{kj}, C_{kj}) = \dot{K}_{RLj}(\omega, R_{kj}, L_{kj}, C_{kj}) + \dot{K}_{Cj}(\omega, R_{kj}, L_{kj}, C_{kj}); \\ \dot{K}_j^{обш}(t) = \dot{K}_j^{нел}(t) \cdot \dot{K}_j^{нар}(t) + \dot{K}_j^{нел}(t) \cdot \frac{d\dot{K}_j^{нар}(t)}{dt}; \\ I_{1..Nj}(t) = I_{1..Lj}(t) \cdot \dot{K}_j^{обш}(t), \end{cases}$$

где $\dot{K}_j \frac{1}{2}$ – полный коэффициент передачи по току контактного перехода j -го участка; \dot{K}_{RLj} – коэффициент передачи по току индуктивной ветви контактного перехода j -го участка; \dot{K}_{Cj} – коэффициент передачи по току емкостной ветви контактного перехода j -го участка; ω – частота проходящего сигнала, рад/с; $R_{kj}(U_{kj}(t), \omega, h_j(t))$ – переходная резистивность контактного перехода j -го участка, Ом; $C_{kj}(U_{kj}(t), \omega, h_j(t))$ – переходная емкость контактного перехода j -го участка, Ф; $L_{kj}(I_{RLj}(t), \omega, h_j(t))$ – переходная индуктивность контактного перехода j -го участка, Гн; $\dot{K}_j^{нел}(t)$ – полный коэффициент передачи по току к контактного перехода j -го участка, характеризующий его нелинейную неустойчивость; $\dot{K}_j^{нар}(t)$ – полный коэффициент передачи по току контактного перехода j -го участка, характеризующий его динамическую неустойчивость; $\dot{K}_j^{обш}(t)$ – обобщенный коэффициент передачи по току контактного перехода j -го участка; $I_{1..Lj}(t)$ – первичный наводимый ток j -го участка до нелинейно-параметрического преобразования, А; $I_{1..Nj}(t)$ – вторичный ток j -го участка после нелинейно-параметрического преобразования, А.

При наличии внешнего случайного механического воздействия в электрическом контакте будет происходить случайное изменение полного коэффициента передачи по току по модулю и по фазе, т.е. будет происходить амплитудно-фазовая модуляция проходящего электрического тока [7]. Причем наиболее значительная динамическая неустойчивость и

соответственно амплитудно-фазовая модуляция будет при введении конструкции, образующей контактную пару, в механический резонанс.

Вторичный ток, проходящий через РКС, подверженное случайной вибрации, будет результатом модуляции первичного тока этим случайным воздействием по амплитуде и фазе. Тогда мгновенное значение вторичного тока можно представить в виде

$$F = I_k M(t) \cos(\omega_k t + \phi_k + \Phi(t)), \quad (1)$$

где $M(t)$ и $\Phi(t)$ – случайные процессы, функционально связанные с модулирующими процессами. При этом этот процесс изменения вторичного тока будет нестационарным даже тогда, когда модулирующие процессы стационарны.

Воспользовавшись аппаратом характеристических функций [8], усредненная спектральная плотность мощности сигнала, образованного случайной динамической неустойчивостью контактного перехода РКС, будет равна

$$F_{1..N}(t) = \sum_{n=1}^N F_n(\omega_n) = \sum_{m=1}^M \left[\sum_{g=1}^{G2} F_{pq}(\omega)_g - (K2-2) \sum_{p=1}^{K2} F_p(\omega) \right], \quad (2)$$

где $p \neq q$; $F_{pq}(\omega)_g = F_{qp}(\omega)_g$ – спектральная плотность мощности сигнала, образованного попарно действующими стационарными узкополосными случайными процессами с центральными частотами Ω_p и Ω_q , равная

$$F_{pq}(\omega)_g = \sum_{c=0}^C \sum_{d=0}^D \left[\lambda_n F^{-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}}(\omega_m \pm c\Omega_p \pm d\Omega_q) \right] \otimes,$$

где $\lambda_n = f(I_{mm}, \sigma_{mp}, k_{mp}, \sigma_{mq}, k_{mq}, \sigma_{fp}, k_{fp}, \sigma_{fq}, k_{fq})$ – масштабный коэффициент; $\sigma_{mp}, k_{mp}, \sigma_{mq}, k_{mq}, \sigma_{fp}, k_{fp}, \sigma_{fq}, k_{fq}$ – соответственно среднеквадратические отклонения и коэффициенты пропорциональности уровня модуляции для узкополосных случайных процессов изменения соответственно модуля и фазы полного коэффициента передачи по току с центральными частотами Ω_p и Ω_q ; $|c \pm d| = 0, 1, 2, 3, \dots$ – порядок комбинационных центральных частот, где $c = 0, 1, 2, 3, \dots, D$; $d = 0, 1, 2, 3, \dots, D$; I_{mm} – амплитуда гармоник тока, прошедшего нелинейное преобразование, на частоте ω_m ; $F_p(\omega)$ – спектральная плотность мощности сигнала, образованного одиночно действующим случайным процессом с центральной частотой Ω_p , получающаяся из $F_{pq}(\omega)_g$ приравниванием $\sigma_{mq} = 0, k_{mq} = 0, \sigma_{fp} = 0, k_{fp} = 0, \Omega_q = 0$; например, $F^{-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}}(\omega_m + \Omega_p + \Omega_q)$ – сумма нормированных спектральных плотностей мощности сигнала с центральной частотой равной $\omega_m + \Omega_p + \Omega_q$ и с общим индексом затухания равном $-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}$:

$$\begin{aligned} & F^{-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}}(\omega_m + \Omega_p + \Omega_q) = \\ & = F^{-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}}(\omega_m + \Omega_p + \Omega_q - \omega) + \\ & + F^{-\alpha_{mp} - \alpha_{mq} - \alpha_{fp} - \alpha_{fq}}(\omega_m + \Omega_p + \Omega_q + \omega), \end{aligned}$$

причем $\alpha_{mp}, \alpha_{mq}, \alpha_{fp}, \alpha_{fq}$ – соответственно коэффициенты затухания, аппроксимирующие коэффициенты автокорреля-

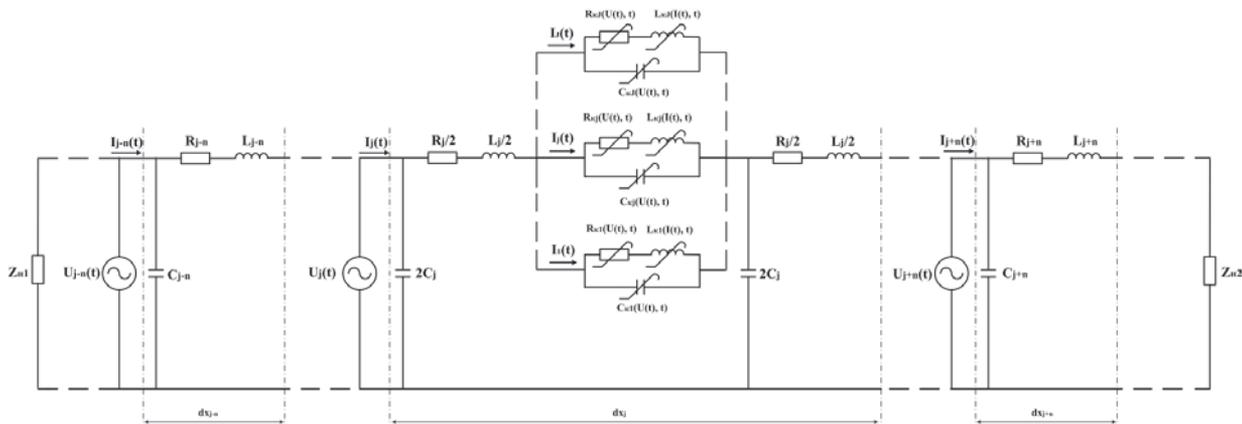


Рис. 4. Эквивалентная электрическая схема переизлучающей конструкции, содержащей разъёмное контактное соединение

ции $R_{mp}(\tau)$, $R_{mq}(\tau)$ и $R_{fp}(\tau)$, $R_{fq}(\tau)$ узкополосных случайных процессов изменения соответственно модуля и фазы полного коэффициента передачи по току с центральными частотами Ω_p и Ω_q ; w_{1n} , w_{2n} , w_{3n} , w_{4n} – соответствующие весовые коэффициенты.

Выражение (2) моделирует причину образования КРП при прохождении сигнала, наводимого внешним ЭМП. Расчет токов и напряжений, наводимых внешним ЭМП на конструкциях, содержащих РКС, можно осуществить на основе метода наведенных ЭДС [9]. При этом облучаемая конструкция, содержащая РКС, может быть представлена в виде кусочно-однородной длинной линии, отражающей ее физические особенности (рис. 4).

Также стоит отметить, что на ТОМБ условия свободного пространства для взаимодействующих проводящих конструкций практически не выполняются поскольку корпус ТОМБ служит «проводящей землей». Для учета этого явления достаточно руководствоваться приемами, которые заключаются во введении относительно границы раздела «пространство-корпус» симметрично расположенных вибраторов с соответствующими распределением токов, учет которых позволяет получить суммарное электромагнитное поле [10]. Дополнительной сложностью в прогнозировании ЭМО на ТОМБ в дополнение к перечисленному является наличие подстилающей морской поверхности, переотражающей электромагнитные волны и искажающей интегральное ЭМП ТОМБ. Однако учет этого эффекта также можно прогнозировать путем введения дополнительных совокупностей взаимодействующих вибраторов относительно границы раздела «пространство-морская поверхность».

В зависимости от требуемой степени детальности прогнозируемой ЭМО на ТОМБ конструкцию ТОМБ разбивают на требуемую совокупность взаимодействующих

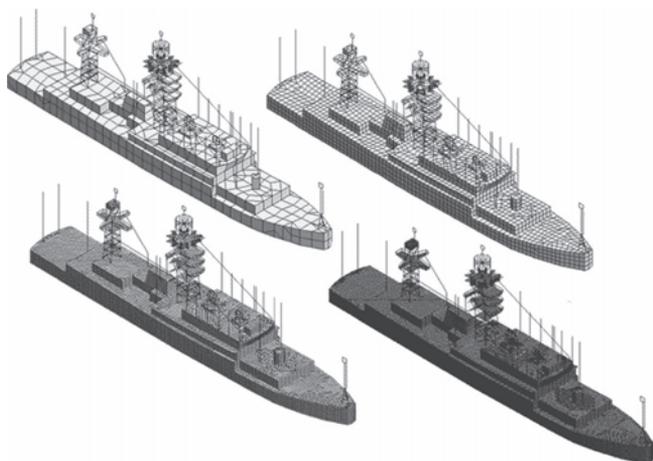


Рис. 5. Разбиение и аппроксимация конструкции судна на систему взаимодействующих тонковолочных конструкций

тонковолочных конструкций (рис. 5). Формируя с учетом изложенных особенностей эксплуатации ТОМБ систему уравнений на основе метода наведенных ЭДС рассчитывают интегральную прогнозируемую ЭМО на ТОМБ (рис. 6).

Рассчитаем спектрально-энергетические характеристики случайных флуктуационных КРП. В качестве примера рассмотрим моногармоническое облучение ЭМП конструкции, содержащей РКС, подвергающееся случайному механическому воздействию. При этом конструкция облучающей антенны радиопередатчика и конструкция, содержащая РКС представляют собой прямолинейные провода длиной по 1 м, диаметр проводов 20 мм. Предполагается, что мощность излучения радиопередатчика составляет 3,75 кВт.

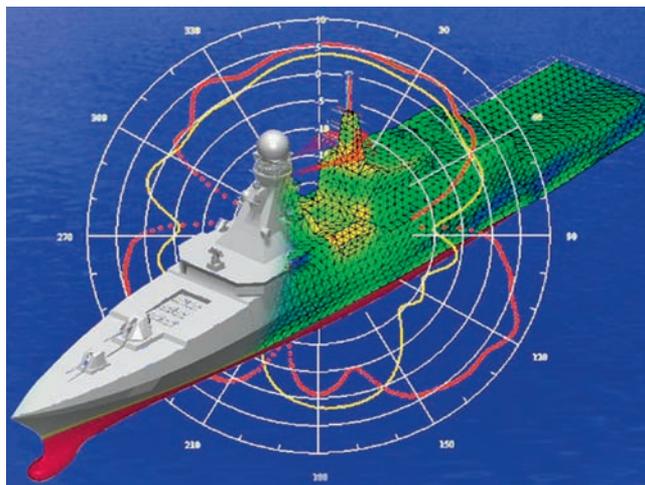


Рис. 6. Возможный пример визуализации прогнозируемых электромагнитных полей

При этом диаграмма направленности антенны облучает конструкцию, содержащую РКС, лепестком составляющем 10% от общей мощности излучения передатчика. Расстояние между конструкциями составляет 3 м без взаимного смещения их центров по высоте. Частота облучения передатчика 410 МГц.

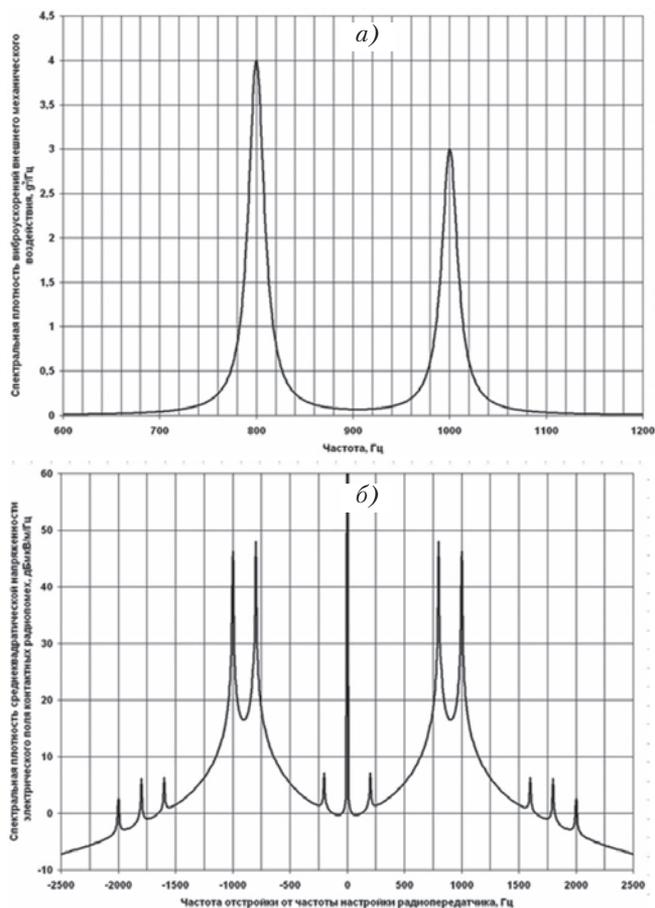


Рис. 7. Непрерывная спектральная плотность мощности суммы двух независимых узкополосных стационарных нормальных случайных процессов, характеризующих изменение внешнего случайного механического кинематического воздействия, действующего на конструкцию, которая образует РКС (а), и непрерывная усредненная амплитудная спектральная плотность среднеквадратического значения напряженности электрического поля контактных радиопомех от конструкции, содержащей одиночное РКС, при моногармоническом облучении передатчиком (б)

Предположим, что при случайном механическом воздействии, образованном суммой двух стационарных узкополосных нормальных случайных процессов с центральными частотами близкими к частотам резонансов конструкций, образующих РКС, внешнее случайное кинематическое виброускорение будет иметь усредненную спектральную плотность «мощности» сходную с рис. 7, а. Усредненная спектральная плотность среднеквадратической значения напряженности электрического поля флуктуационных контактных радиопомех около основной частоты облучения радиопередатчика на расстоянии 3 м от конструкции, содержащей РКС будет иметь вид, представленный на рис. 7, б.

Сопоставляя нормы [11] с рис. 7, б можно сделать вывод о том, что возможны случаи, при которых случайные флуктуационные КРП в зоне приемной антенны будут выше установленных норм. При этом существенные значения среднеквадратической напряженности в спектральной плотности случайных КРП на рис. 7, б расположены в том числе и на утроенном частотном удалении относительно спектра механического воздействия рис. 7, а.

Рассчитаем в качестве примера (см. рис. 7) среднее относительное время (вероятность) превышения среднеквадратическим значением напряженности электрического поля случайной КРП уровня 50 дБ мкВ/м при отстройке от облучающей частоты радиопередатчика на одинарную центральную частоту второго случайного механического процесса (1000 Гц). Для этого предположим, что среднеквадратическое значение огибающей напряженности электрического поля КРП на данной центральной частоте определяется только фазовой модуляцией. Тогда, при фазовой модуляции нормальным суммарным случайным процессом (рис. 7), можно с помощью предложенных моделей вычислить статистические характеристики этого нормального процесса на данной центральной частоте. Искомая вероятность будет равна (рис. 8)

$$P(E_{\text{ср.кв}} > 50\text{дБ}) = \int_{50}^{\infty} \frac{1}{\sigma_E \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma_E^2}} dE,$$

где σ_E и E_0 – соответственно среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание нормального закона распределения вероятностей среднеквадратического значения напряженности электрического поля КРП на данной центральной частоте. Значение, рассчитанное по формуле для нашего примера, равно $P(E_{\text{ср.кв}} > 50\text{дБ}) = 0.16$.

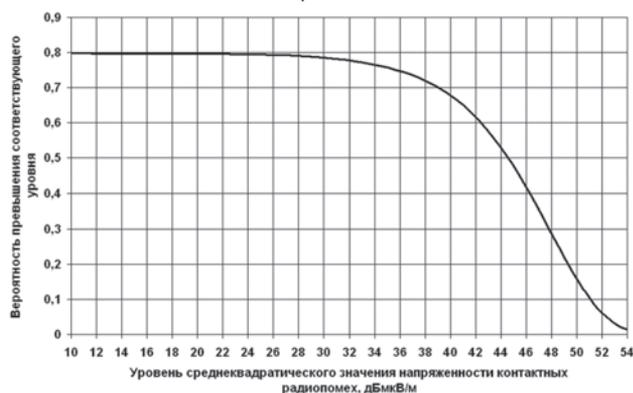


Рис. 8. Зависимость вероятности превышения среднеквадратическим значением напряженности электрического поля случайных контактных радиопомех соответствующего уровня

На основе разработанных моделей КРП, а также с учетом факторов, влияющих на характеристики складывающейся ЭМО сформирована методика по прогнозированию спектрально-энергетических характеристик случайных

КРП на ТОМБ с целью уточнения ЭМО и обеспечения ЭМС РТС ТОМБ. Эта методика учитывает электрофизические, механические и технологические параметры РКС ВПУ, уровень внешних механических и коррозионных воздействий, а также геометрию переизлучающей конструкции, пространственный разнос между приемной и передающей антеннами, их диаграммы направленности, а также наличие разветвленной архитектуры верхнепалубной надстройки и наличие подстилающей морской поверхности. Блок-схема методики прогнозирования представлена на рис. 9. Методика состоит из 26 макроблоков, осуществляющих расчет электрических параметров, расчет электродинамических моделей, расчет механических режимов, содержит решающий блок по оценке влияния КРП, а также обеспечивает возможность оперативного изменения исходных условий и анализа их влияния на характеристики КРП за счет построения вычислительных макромоделей связи вход-выход.

В заключении важно отметить пути в решении обеспечения ЭМС РТС ТОМБ.

Борьба с КРП в местах их возникновения может вестись по следующим основным направлениям:

- устранение переменных контактов и причин их возникновения;
- уменьшение величин наведенного тока, протекающего через переменное электрическое контактное переходное сопротивление, и напряжения, прикладываемого к контактно-му промежутку;
- экранирование источников КРП.

Частотное регламентирование работы РТС ТОМБ возможно лишь при учете закономерностей распределения КРП и ИКРП. В частности, использование неравномерности спектральной плотности КРП (группирование их только около частот основных и побочных – гармонических, интермодуляционных – излучений передатчиков) позволяет осуществлять правильное назначение частот РТС путем размещения приемных частот на участках с малой спектральной плотностью радиопомех.

Ширина «полосы забития» КРП и ИКРП (а, следовательно, и величина частотной отстройки) зависит от мощности излучения передатчиков, режима скорости движения ТОМБ. При эксплуатации ТОМБ необходимо найти компромиссное решение между мощностью излучения передатчиков и уровнем возникающих КРП.

С точки зрения ЭМС увеличение энергетического потенциала РТС ТОМБ не всегда выгодно из-за проявления нелинейных свойств переменных контактов. Экспериментально установлено, что увеличение мощности излучения передатчиков ТОМБ выше 1 кВт нецелесообразно. Предпочтительнее увеличение мощности излучения передатчиков у корреспондентов, так как при этом появляется возможность работы приемных устройств ПО на частотах с большим уровнем КРП.

Практически для всех типов ТОМБ существует оптимальная скорость движения, превышение которой нежелательно из-за резкого возрастания уровня КРП. Для судов эта скорость лежит в пределах 10 – 15 узв. Во избежание срыва в работе РТС из-за КРП при движении не рекомендуются резкие торможения и наборы скорости.

Совершенствование научно-методического аппарата оценки ЭМО на ТОМБ, в части прогнозирования спектрально-энергетических характеристик КРП, направленно на повышение качества разработки практических рекомендаций по обеспечению ЭМС РТС ТОМБ. Разработанные модели и методика позволяют проектанту и эксплуатантам ТОМБ обоснованно на всех этапах его жизненного цикла применять эффективные меры по уменьшению влияния КРП при работе РЭС ТОМБ.

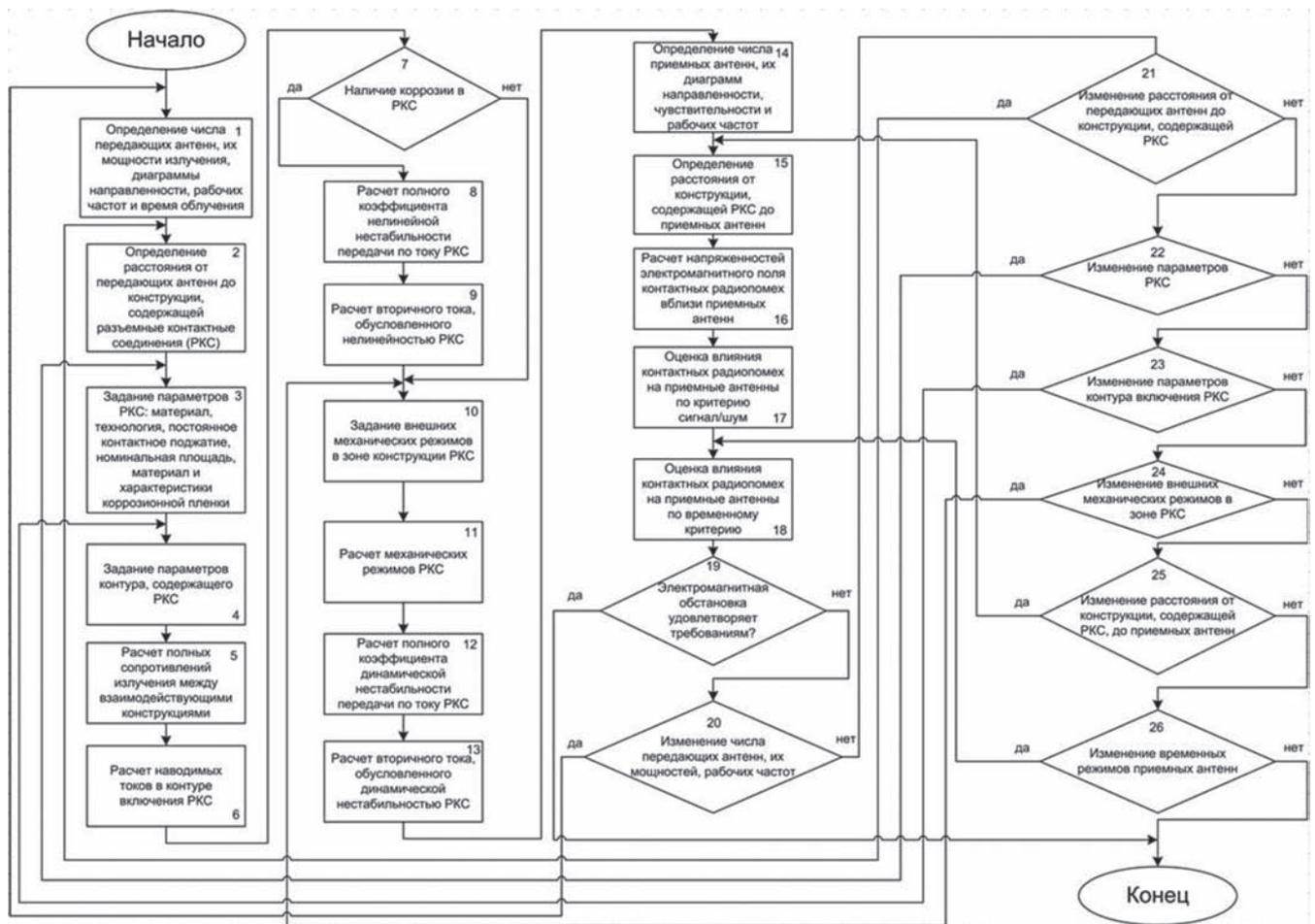


Рис. 9. Структурная схема методики прогнозирования КРП на ТОМБ

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 52691–2006. «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование и системы морской навигации и радиосвязи.: Требования и методы испытаний». – 28 с.
- Лысенко Э.Л., Сазонов С.П., Крутнов С.Р., Азаров Б.В. Проблемные вопросы в области электромагнитной совместимости и перспективные пути их решения // Морская радиоэлектроника. – Л.: 2003. – № 1(4). – С 14 – 18.
- Яковлев А.Ф. Использование элементов надстроек корабля для улучшения характеристик коаксиальной логоперiodической антенны // Судостроение. – 2002 – № 5 (744). – С. 31 – 34.
- Азаров Б.В. «Стелсовские» аспекты в проблеме электромагнитной совместимости корабельных технических средств // Судостроение. – 2003. – № 6 (751). – С. 40 – 44.
- Григорьев А.Г., Матисен А.И., Патрин В.С. Защита радиоприема на судах от помех. – Л.: Судостроение, 1973. – 208 с.
- Wankowicz S. EMC on sea-going ships. – Proc. of the Third International Wrocław Symposium on EMC, 1976. – P. 168 – 175.
- Грачев Н.Н., Лазарев Д.В. Детерминированные и вероятностные модели образования контактных радиопомех на подвижных объектах радиосвязи // Технологии электромагнитной совместимости: Науч.-техн. журн. – 2008. – № 3 (26). – С. 9 – 23.
- Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники – кн. первая. – М.: Советское радио, 1969. – 752 с.
- Коротковолновые антенны / Г.З. Айзенберг, С.П. Белоусов, Э.М. Журбенко и др. Под ред. Г.З. Айзенберга. – М.: Радио и связь, 1985. – 536 с.
- Лавров Г.А., Князев А.С. Приземные и подземные антенны. Теория и практика антенн, размещенных вблизи поверхности земли. – М.: Советское радио, 1965. – 472 с.
- РД 31.64.26 – 00. Нормы и правила обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) на морских подвижных объектах и методы комплексной оценки ЭМС. – СПб.: Изд. ЦНИИ МФ, 2000. – 104 с. ■

Аля практики кораблевождения в районах со сложными навигационными условиями остается актуальным предопределение находящейся прямо по курсу корабля подводной обстановки. Это касается прежде всего кораблевождения по руслам крупных рек, в шхерных районах, районах со слабым навигационным обеспечением.

Кроме того, для решения ряда специфических задач, стоящих перед силовыми ведомствами, подразумевает умышленное следование в районы со сложной навигационной обстановкой, например, при преследовании нарушителя государственной границы, браконьера или контрабандиста, поиске незаконных орудий лова, выявлении и документировании сброса незаконного улова и т.п.

В военно-морских флотах разных стран уже не первое десятилетие для обеспечения навигационной безопасности плавания используются гидроакустические станции миноискания (ГАС МИ), которые, обладая сравнительно небольшой дальностью обнаружения, имеют разрешающую способность, позволяющую скрытно выйти из базы, пройти в подводном положении узкосты и т.п. Но на флоте подобный порядок вещей – прерогатива исключительно подводников, в то время как для надводных кораблей всегда существует вероятность неожиданной встречи с необозначенным или неизвестным объектом. Данная аппаратура громоздка, имеет высокую стоимость, требует стационарной установки и в силу недостаточной разрешающей способности не позволяет классифицировать объект в придонном слое или на дне (все-таки ее основное предназначение – обнаружение якорных мин).

В предыдущих номерах журнала мы подробно освещали процесс работы ЗАО «МНС» в части сбора, комплексной обработки и отображения информации. В 2010 г специалистами ЗАО «Морские навигационные системы» совместно с давним партнером – датской фирмой «Reson A/S» разработали комплекс освещения надводной и подводной обстановки «Ерш-М». Изначально предназначенный для нужд ведомственной охраны прибрежных и шельфовых объектов повышенной опасности комплекс оперативно обрабатывает и отображает информацию о близлежащей надводной и подводной обстановке, классифицирует угрозы и выдает сигнал тревоги и целеуказание подразделениям охраны.

Составной частью данного комплекса является впередсмотрящий многолучевой эхолот, позволяющий в реальном масштабе времени отображать первичную гидроакустическую информацию в толще воды и трехмерную картину морского дна, в том числе по курсу движения.

В настоящее время уже можно говорить о том, что данная задача опробована и решена, однако решения, которые пришлось применить для этого, тривиальными назвать нельзя.

Первоначально планировалось использовать доработанный специалистами ЗАО «МНС» впередсмотрящий сонар «SeaBat 7128». Доработки касались прежде всего обработки сигнала и отстройек от помех, возникающих при повышенных ходах, ходовой вибрации, волнении моря при малом заглублении и т.д. Данное оборудование прошло эксплуатационные испытания на кораблях Береговой охраны ФСБ РФ. Остановимся подробнее на самом оборудовании.

Одним из условий проведения испытаний было отсутствие каких-либо изменений в конструкции носителя, т.е. комплект должен был быть полностью съемным. Для размещения комплекта оборудования изделия на носителе было разработано два варианта крепления:

– подкильный (на тросовых растяжках);

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЭХОЛОТОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ

А.О. Попко, канд. воен. наук, начальник отдела,
К.Б. Каравашкин, начальник отдела, ЗАО «МНС»,
контакт. тел. (812) 320 3840

– на носовой штанге.

Для проведения испытаний был выбран патрульный катер пр. 18263 «Мустанг».

Первый вариант оказался невыполнимым из-за необходимости длительных подводно-технических работ, на что не было ни времени, ни возможности. Был реализован второй вариант (рис. 1).



Рис. 1. Пример установки ГАС на носовой штанге

В нашем случае, учитывая минимальную скорость носителя 10–12 уз и невозможность приварить крепление к корпусу судна, был выбран следующий путь: стальную трубу $d=100$ мм установили в якорном клюзе, при этом якорь с частью якорной цепи пришлось раскрепить на палубе, труба удерживалась в клюзе деревянными клиньями и растяжкой за рымы цепного стопора; блок приемопередатчика заглублен на 40–50 см глубже осадки носителя (150–160 см) и дополнительно закреплен двумя бортовыми оттяжками с каждого борта для предотвращения скручивания.

При этом потребовались незначительные подводно-технические работы, связанные с остропкой блока приемопередатчика и разворотом антенн.

Монтируемое оборудование включало блоки:

- излучателя на двух частотах, ТС2162 (рис. 2);
- линейного приемника на двух частотах, EM7200 (рис. 3);
- управления связью, 7-L (рис. 4);
- процессора ГАК.



Рис. 2. Блок излучателя

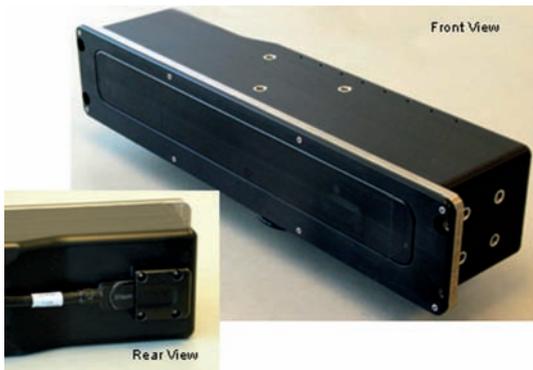


Рис. 3. Блок приемника



Рис. 4. Блок управления связью, 7-L

Блок управления связью располагался в носовом кубрике. Блок процессора, и органы управления – в кают-компани. Электропитание осуществлялось от бортовой сети 220В/50 Гц через носовой кубрик. Проход кабелей от блока управления связью до блока приемопередатчика осуществлялся через люк носового кубрика, далее кабели крепились хомутами к оттяжкам блока приемопередатчика.

Испытания проводились в три этапа:

- на стопе;
- в режиме освещения подводной обстановки;
- в режиме поиска и идентификации объектов в подводной среде.

На стопе проверялись:

- техническая исправность оборудования;
- работа оборудования при смене питания от берегового на бортовое;
- уровень естественных помех при отсутствии собственных помех носителя;
- точность пеленгования и измерения расстояния до эталонных ориентиров.

Оборудование исправно работало в обоих частотных диапазонах (200/400 кГц). Переключение на бортовое питание вызвало уменьшение электрических помех и повысило качество работы оборудования (рис. 5, 6).

На снимках экрана отчетливо видны предметы под водой, рыбы, край пирса, к которому пришвартован катер. «Мертвая зона» ГАС составляет около 1 м.

Эталонным ориентиром в данном случае являлся пирс.

В ходе испытаний в режиме освещения подводной обстановки на ходу ГАС уверенно работала при этом шло отображение поверхности дна (рис. 7, 8).

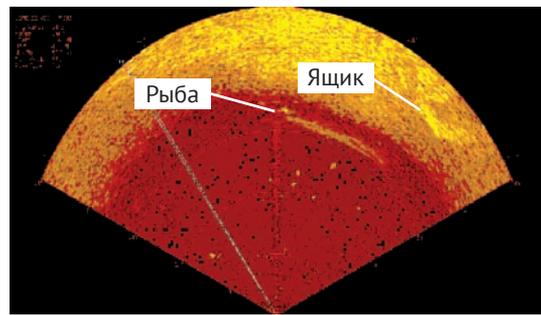


Рис. 5. Ближняя зона, частота 200 кГц

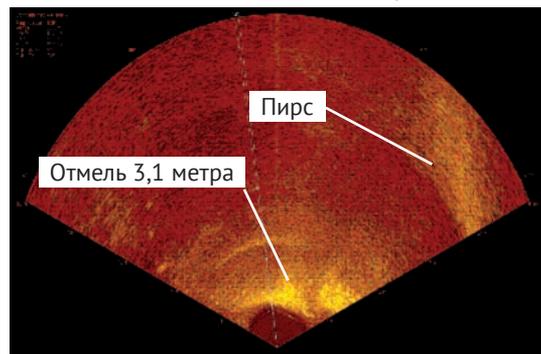


Рис. 6. Средняя зона, частота 200 кГц

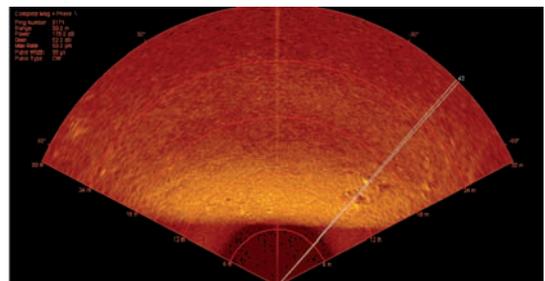


Рис. 7. Мелководье. Работа ГАС прямо по курсу, видны валуны на дне (размеры – 0,5/0,75 м)

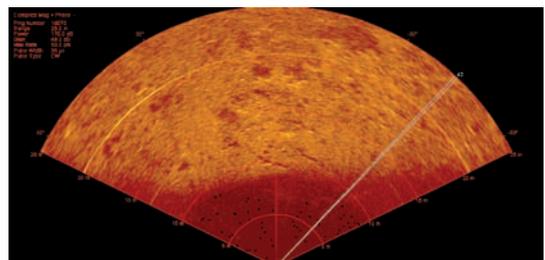


Рис. 8. Мелководье. Работа ГАС в сторону кормы (набегавшим потоком развернуло приемопередатчик)

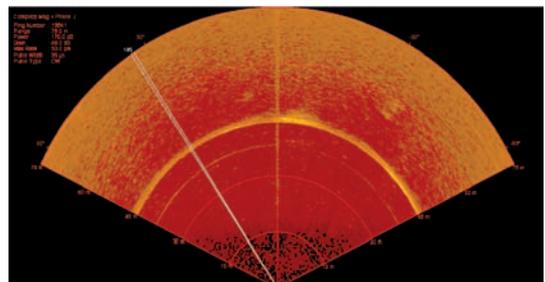


Рис. 9. Замечивание разъема передающей антенны – на входе приемной антенны только помеха от проходящей мимо моторной лодки

Ввиду недостатков крепления антенну развернуло в противоположном движению направлении (см. рис. 8). Также выявились недостатки в заводке кабелей, был вырван разъем измерителя скорости звука SVP-70 и замочен разъем приемной антенны, что потребовало промывки разъемов и переустановке

антенн. На указанные действия потребовалось около 40 минут, за это время катер прибыл в полигон с глубинами 25–35 м для продолжения испытаний в части освещения подводной обстановки и проверки выполнения поисковых задач.

На полигоне была повторно установлена антенна. Были получены четкие изображения донной поверхности, позволяющие классифицировать тип дна, предметы на дне и их линейные размеры (рис. 10–14).

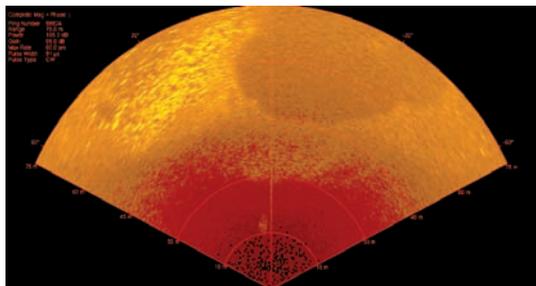


Рис. 10. Поход к банке

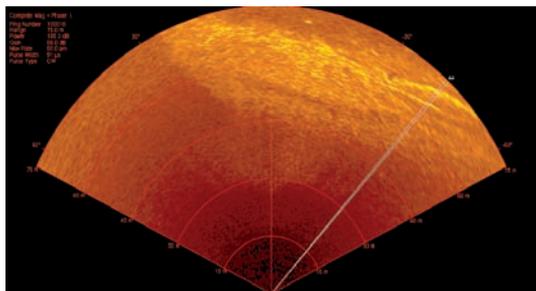


Рис. 11. Борозды на дне

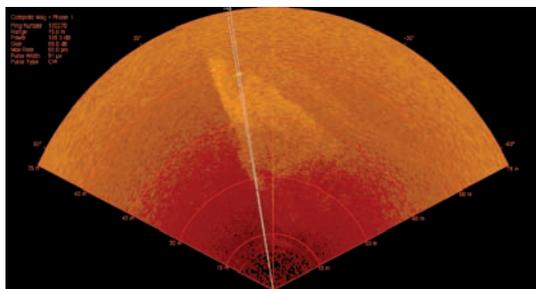


Рис. 12. Затонувшее судно

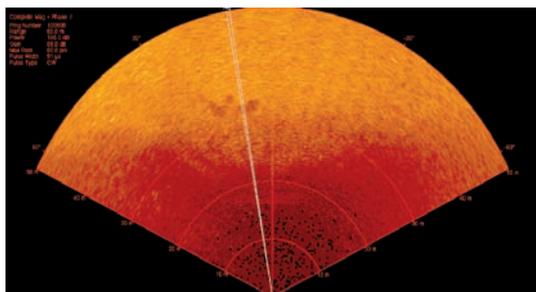


Рис. 13. Предмет на дне

В ходе испытаний по поиску подводных объектов было решено использовать в качестве такого объекта буйреп навигационного знака. Буйреп был обнаружен на дистанции около 25 м (рис. 15).

Несомненным успехом является то, что аппаратура уверенно работала на повышенных ходах, даже в условиях нештатного крепежа, и обеспечивала дальности работы, необходимые для принятия мер по предотвращению на-

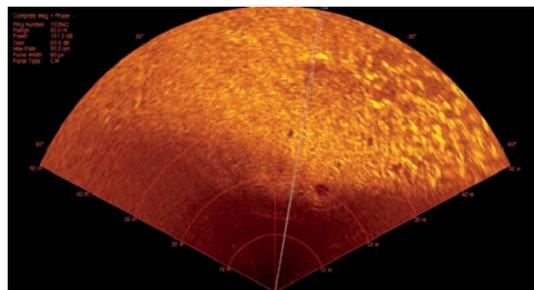


Рис. 14. Подходы к банке, россыпь булыжников

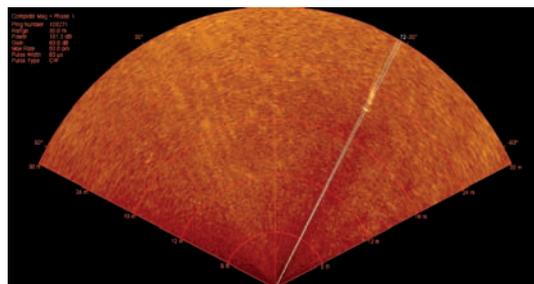


Рис. 15. Буйреп

вигационного происшествя. Однако на тот момент интерфейс оборудования был сложен для восприятия, вахтенному офицеру требовалось вникать в отображаемую картину первичной гидроакустической информации, что недопустимо.

Требовалось упростить восприятие информации, обеспечить отображение контрольных изобат, сопряжение с имеющимся навигационным оборудованием, выдачу рекомендаций и тревог. В настоящее время эти проблемы решены и доработанное оборудование ждет испытания. Предварительные выходы в море показали уже куда более интересный результат (рис. 16).

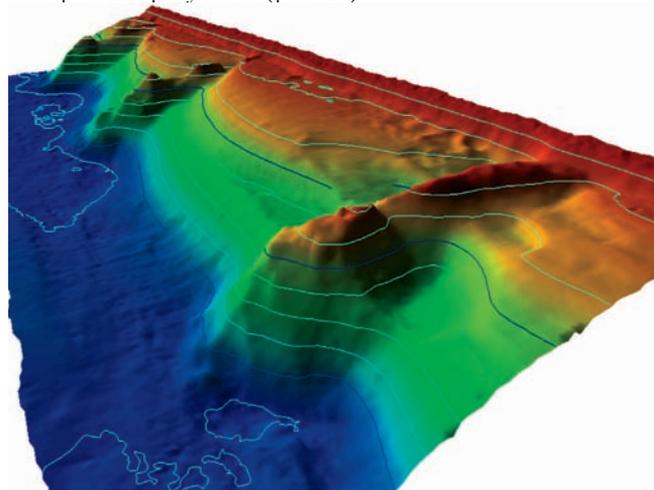


Рис. 16. Движение вдоль кромки канала.

С результатами повторных испытаний мы подробно ознакомим читателя в следующем номере журнала.

Использование многолучевой гидроакустики для обеспечения навигационной безопасности плавания представляется нам перспективным, особенно в связи с развитием инфраструктуры для работ на шельфе и непрекращающимся незаконным промыслом в экономической зоне РФ. ■

Как сделать отечественное судостроение высокотехнологичным? Какой опыт недавнего прошлого пригодится, а что придется создавать заново? Эти и многие другие отраслевые проблемы и их решения волновали участников международного форума «Морская индустрия России».

Предприятие ОАО «Новая ЭРА», будучи одним из основных российских предприятий, разрабатывающих и серийно поставляющих системы распределения и управления электроэнергией (фото) класса напряжения от 0,4 до 12 кВ в морском исполнении, проводит исследования по поиску новых технологий при решении актуальных задач в сфере энергетики в интересах отечественного судостроения. В основе ОКР «Шельф-электро», выполняемой по заказу Минпромторга России, лежит технология формирования и построения модульной структуры ячеек стандартного типоряда электрораспределительных устройств (ЭРУ) морских буровых платформ и стоечных судов.

Данная технология основывается на трех принципах:

- базовые ЭРУ;
- агрегатное построение ЭРУ;
- модульное исполнение ЭРУ (типоряд ячеек).

Для реализации этой технологии был выполнен анализ построения ЭРУ 0,4;0,6 и 11 кВ для морской ледостойкой платформы «Приразломная», взятых в качестве базовых изделий, определена типизация унифицированных функционально-сборочных агрегатов. Основной типовой ряд низковольтных ЭРУ включает следующие функциональные модули:

- а) устройства ввода питания, формирующие структуру приема электроэнергии:
 - ввод от одного источника на одну систему шин с током до 3200 А для напряжения 0,4 кВ и до 5000 А для напряжения 0,6 кВ;
 - вводы от двух источников на две системы шин и секционного выключателя с током до 2500 А для напряжения 0,4 кВ;
 - вводы от нескольких однотипных источников с током до 2500 А на общую систему шин для напряжения 0,4 кВ и 0,6 кВ.
- б) устройства подключения фидеров потребителей:
 - одно распределительное устройство с местами под девять модулей для питания потребителей с током до 100 А для напряжения 0,4 кВ;
 - одно распределительное устройство с местами под шесть модулей для питания потребителей с током до 250 А для напряжения 0,4 кВ;
 - одно распределительное устройство с местами под четыре модуля для питания потребителей с током до 630 А для напряжения 0,4 кВ;

ФОРМИРОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЯЧЕЕК СТАНДАРТНОГО ТИПОРЯДА ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

А.В. Морозов, начальник отдела, ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 303 8976



– одно распределительное устройство с местами под два модуля для питания потребителей с током до 2500 А для напряжения 0,4 кВ и 0,6 кВ.

Типовой набор средневольтных комплектных распределительных устройств (КРУ) в зависимости от требуемой структуры ввода питания и от состава подключаемых потребителей включает:

- а) устройства ввода питания, формирующие структуру приема электроэнергии:
 - ячейка ввода от источника на одну систему шин с током до 3600 А и измерительным трансформатором;
 - ячейка секционного выключателя между двумя системами шин с током до 2500 А;
 - ячейка секционного разъединителя между двумя системами шин с током до 2500 А
- б) устройства подключения фидеров потребителей:
 - одно распределительное устройство с выключателем для питания потребителя с током до 1250 А;
 - одно распределительное устройство с местами под два модуля с контактором для питания потребителей с током до 200 А.

в) устройства измерительные и управления:

– ячейка с измерительным трансформатором напряжения и заземлителем сборных шин для снятия на них остаточного напряжения.

Особенностью КРУ напряжением 6 и 10 кВ является их внутреннее разделение на изолированные пространства, обеспечивающие локализацию дуги в силовых блоках и исключающие выброс продуктов горения в сторону обслуживающего персонала. Это особенно важно для судовых сетей в связи с расчетными значениями, около 110 кА ударного тока короткого замыкания и более 40 кА термического действия.

Новизна идеи заключается в том, что в процессе изготовления электрораспределительных устройств строятся из ряда модулей, функционально и компоновочно связанных между собой и имеющих идентичные присоединительные размеры. С помощью ограниченной номенклатуры модулей можно существенно трансформировать свойства ЭРУ.

Применение модульной технологии позволяет решить одну из важнейших проблем при создании электрораспределительных устройств – многовариантности компоновки. ■

Преимущества интерметаллидных систем хранения водорода. В настоящее время одним из наиболее перспективных способов хранения водорода является хранение в химически связанном виде в гидридах интерметаллических соединений (ИМС). Данный способ находит применение как в судостроении (немецкие подводные лодки пр. 212А, 214), так и в стационарных установках (термосорбционные компрессоры для выделения водорода из смесей с одновременным сжатием, металлогидридные тепловые насосы, гидридные холодильные установки мощностью до 100 кВт и т.д.). Такое широкое, в рамках водородной энергетики, использование интерметаллидов объясняется главным образом пожаровзрывобезопасностью способа и высокой плотностью хранимого водорода, что позволяет получить приемлемые габаритные показатели системы хранения. В качестве водородоаккумулирующих сплавов могут использоваться LaNi_5 , TiFe , Mg_2Ni , CeCo_3 , LiB , $\text{Ti}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{CrMg}$, MgCu , ThNi , TbCo , комплексные гидриды алюминия – аланаты, соединения мишметалла и др. Сравнительные характеристики некоторых ИМС представлены в табл. 1 [4].

ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА В ГИДРИДЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ LaNi_5

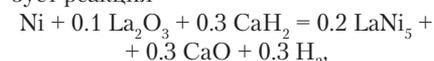
**Е.Н. Алексин, аспирант,
А.А. Фокин, ассистент кафедры ТОСЭ, СПбГМУ,
контакт. тел. 8 921 3046032**

против 50 долл. за 1 кг LaNi_5), однако активации данного сплава препятствует оксидная пленка, которая разрушается только при $p = 6,5$ МПа и $T = 720$ К [4,12]. Также существуют сложности с получением TiFe , связанные в основном с высокой температурой плавления титана и его химической активностью. В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть сплав LaNi_5 как потенциальный аккумулятор водорода для будущих НАПЛ и ПА ВМФ России.

Получение интерметаллидов. Одним из наиболее распространенных методов получения интерметаллидов является плавление чистых ком-

плексом (набивным или литым) тиглем. В частности, ОАО «ВИЛС» имеет опыт производства TiFe в вакуумной индукционной печи с магнетитовым тиглем.

Для получения LaNi_5 также разработаны различные способы. Получение тонких пленок LaNi_5 возможно методом магнетронного ионного распыления. В лабораторных условиях проводились эксперименты по спеканию порошков. По порошковой технологии возможно также получить композитные материалы на основе интерметаллидов, что позволяет значительно увеличить циклическую выносливость ИМС. Разработчиками этой технологии предлагается следующий вариант: смешение порошков интерметаллида и связки, прессование смеси и спекание прессовок. Лабораторные образцы таких материалов $50\text{LaNi}_5-50\text{Cu}$ и $50\text{FeTi}-50\text{Ni}$ синтезированы в конце 1980-х гг. в Институте проблем материаловедения АН УССР. Авторами работы [2] разработан метод получения порошковых сплавов на основе LaNi_5 путем гидридно-кальциевого восстановления. Суть метода характеризует реакция



которая проходит при температуре 1000°C . Процесс включает следующие основные стадии:

- смешивание шихтовых компонентов;
- высокотемпературная обработка шихты;
- гидрометаллургическая обработка полученного продукта с целью удаления оксида кальция;
- сушка порошка интерметаллида.

При этом важно выдержать стехиометрическое соотношение компонентов, массовая доля лантана в интерметаллиде составляет 32.13%. Длительные изотермические выдержки и медленное восстановление позволяют избежать появления других фаз, ухудшающих водородосорбционную способность ИМС. Даже небольшой избыток лантана в шихте приводит к образованию La_2Ni_7 , который не используется в качестве сорбента водорода и, кроме того, увеличивает окисляемость соединения при контакте с воздухом. Увеличение массового

Сравнительные свойства интерметаллидов

Интерметаллид	Плотность		Массовая доля H_2 , % макс	$T_{\text{десорбции}} / p_{\text{атм}}$ при	ΔH , кДж/моль
	сплава, г/см ³	гидрида, г/см ³			
LaNi_5	8,3	6,7	1,54	293	31
$\text{La}_{0,7}\text{Mm}_{0,3}\text{Ni}_5$	8,2	6,5	1,4	293	30
TiFe	6,9	5,5	1,9	300	30 – 33
$(\text{Ti,Zr})(\text{Mn,V,Fe,Gr})_2$	6 – 7	5 – 6	1,8 – 2,2	293	30 – 40
Mg_2Ni	3,4	2,7	3,7	523	65
Mg-Mm-Ni	2,5	2,1	5 – 5,4	573	70

Как показывает анализ современных тенденций в судостроении, в качестве наиболее подходящих для хранения водорода в условиях неатомных подводных лодок (НАПЛ) и подводных аппаратов (ПА) рассматриваются интерметаллиды TiFe и LaNi_5 . Сплав TiFe выбран в качестве сорбента для хранения водорода на немецких ПЛ пр. 212А, 214. Система хранения выполнена в виде 20 баллонов, расположенных побортно вне прочного корпуса, кислород хранится в криогенном виде. Несмотря на в целом положительные итоги эксплуатации вышеуказанных НАПЛ германскими ВМС и хороший экспортный потенциал лодок пр. 214, использование соединения TiFe не может считаться полностью оправданным. К преимуществам TiFe следует отнести прежде всего более высокое массовое содержание водорода по сравнению с LaNi_5 (см. табл. 1) и значительно более низкую стоимость (25 долл. за 1 кг

пунктов в защитной атмосфере или в вакууме. В частности, изготовление таким способом рассматриваемого нами ИМС LaNi_5 происходит в атмосфере аргона или вакууме при температуре порядка 1500°C ($T_{\text{пл}}^{\text{La}} = 920^\circ\text{C}$, $T_{\text{пл}}^{\text{Ni}} = 1455^\circ\text{C}$). Тигельный материал – графит, покрытый танталом, либо оксид кальция. Далее проводится медленное остывание до температуры кристаллизации 250°C . В производстве TiFe ($T_{\text{пл}}^{\text{Ti}} = 1668^\circ\text{C}$) графитовый тигль не используется, так как происходит взаимодействие сплава с углеродом тигля, следствием которого является насыщение интерметаллида углеродом и разрушение тигля. Поэтому для получения TiFe применяют индукционные печи с «холодным» тиглем из водоохлаждаемых медных секций, что увеличивает расход электроэнергии. Более дешевым вариантом является использование индукционной печи с керами-

Таблица 1

содержания лантана на 1 % приводит к образованию La_2Ni_7 . В свою очередь, недостаток лантана в шихте приводит к появлению в конечном продукте Ni, который практически не влияет на механические свойства полученного сплава, но уменьшает массовое содержание адсорбируемого водорода.

В последнее время изготовлением ИМС на основе лантана и мишметалла также занимается Государственный институт редких металлов (ГИРЕДМЕТ).

Отметим, что собственно лантан высокой чистоты в промышленных масштабах получают преимущественно из монацита и бастнезита, так же как и церий, и все остальные элементы цериевой подгруппы. Вместо лантана в ИМС может входить мишметалл – «природный сплав» наиболее распространенных редкоземельных металлов. Его основным компонентом является церий. Обычно мишметалл содержит около 50% церия, 30% лантана, 15% неодима и 5% празеодима. Мишметалл получают электролизом расплава безводных хлоридов редкоземельных элементов (РЗЭ) в присутствии хлоридов щелочных металлов при 800 – 900 °С в стальных аппаратах, стенки которых служат катодом, а графитовые стержни – анодом. Разработан электролиз смеси фторидо РЗЭ, расплавов соединений РЗЭ с жидким металлическим катодом (Zn, Cd), а также водных растворов с ртутным катодом.

Хранение водорода в гидриде $LaNi_5$.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что в отечественной промышленности есть определенный опыт работы с ИМС $LaNi_5$, освоены различные методы получения и созданы все предпосылки к использованию данного интерметаллида в системах хранения и генерации водорода (СХГВ). При этом упрощенная математическая модель работы такого накопителя представлена ниже.

Термодинамическое равновесие в гидридообразующей системе описывается уравнением

$$\ln p = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R},$$

где ΔH – энтальпия образования гидрида; R – универсальная газовая постоянная; ΔS – энтропия образования гидрида.

При расчете следует задать объем накопителя после заправки водородом V_s , плотности интерметаллида и гидрида ρ_L и ρ_s соответственно, расход водорода G [кг/с], время десорбции τ [с], температуру десорбции T , начальное массовое содержание аккумулированного водорода x . Тогда массогабаритные характеристики интерметаллидного накопителя определяются из простейших соотношений:

$m_s = \rho_s \cdot V_s$ – масса заполненного накопителя (гидрида);

$m_g' = m_s \cdot x$ – масса водорода в накопителе;

$m_g = \Pi \cdot V_s \cdot \rho_g$ – масса свободного водорода с учетом пористости Π ;

$m_L = m_s - m_g'$ – масса сплава без водорода;

$V_L = m_L / \rho_L$ – объем незаправленного накопителя;

V_s / V_L – увеличение объема накопителя в процессе заправки водородом.

Для элементарного процесса десорбции уравнение энергетического баланса будет выглядеть следующим образом [9]:

$$Q dt = d(c_g^v \cdot T \cdot m_g) + d(c_s \cdot T \cdot m_s) - \Delta H \cdot m_L \cdot A \cdot dx / \mu_L + i_g \cdot G \cdot dt, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, необходимое для подогрева накопителя, Вт; $d\tau$ – время десорбции; T – температура десорбции; c_g^v – удельная массовая изохорная теплоемкость свободного водорода (в пространстве между частицами гид-

работы [10] $\Delta H = -34$ кДж/моль. Такое расхождение объясняется разными методами определения, однако практически не влияет на значение Q , поскольку расчеты по формуле (1) показывают, что доля слагаемого $\Delta H \cdot m_L \cdot A \cdot dx / \mu_L$ в общем количестве расходуемой теплоты составляет менее 1%. Примерно 70 – 85 % подводимой теплоты $Q dt$ идет на увеличение внутренней энергии гидрида, 10 – 25% уносится с отводимым водородом. При этом с увеличением расхода водорода в ЭХГ в единицу времени (форсировании установки) доля теплоты, уносимой выделившимся водородом, заметно возрастает.

Результаты расчетов по предложенной методике для интерметаллидной системы хранения водорода для НАПЛ, оснащенной низкотемпературным ЭХГ с расходом водорода 3 кг/ч на номинальном режиме и 6 кг/ч на форсажном представлены в табл. 2. Температура греющей воды на входе в контейнер с ИМС

Таблица 2

Результаты расчета СХГВ на основе $LaNi_5$

$G(H_2)$, кг/ч	τ , ч	$Q_{\text{водога}},$ кВт	$G_{\text{водога}},$ т/ч	$\Delta t, ^\circ\text{C}$ (среднелог. темп. напора)	$k,$ Вт/м ² ·град.
3	5	15,5	1,66	19	94,4
6	1	65	6,95	19	396

рида интерметаллида); $d(c_g^v \cdot T \cdot m_g)$ – изменение внутренней энергии свободного водорода, Дж; c_s – теплоемкость гидрида; $d(c_s \cdot T \cdot m_s)$ – изменение внутренней энергии гидрида, Дж; ΔH – тепловой эффект десорбции; A_g – атомарная масса водорода; dx – изменение массового содержания газа в контейнере; μ_L – молекулярная масса интерметаллида (не насыщенного водородом); i_g – энтальпия выделившегося водорода; G – расход водорода в ЭХГ, кг/с; $i_g \cdot G \cdot dt$ – количество теплоты, уносимое с выделившимся водородом, Дж.

Теплоемкость гидрида связана с теплоемкостью интерметаллида, не содержащего водород, соотношением, приведенным в работе [6]:

$$c_s = c_L + 33,2x.$$

Определенную сложность представляет нахождение температурной зависимости теплоемкости ненасыщенного водородом интерметаллида c_L . Авторы работы [10], проанализировав значительное количество литературы по термодинамическим свойствам системы $LaNi_5$, в том числе зарубежной, предлагают теплоемкость интерметаллида вычислять по формуле

$$c_L = 109,1 + 154 \cdot 10^{-3} \cdot T \text{ при } T < 633 \text{ К.}$$

Величина теплового эффекта (энтальпии) реакции десорбции ΔH несколько отличается у различных авторов. Так, по данным работы [6], $\Delta H = -30$ кДж/моль, по данным [9], $\Delta H = -31$ кДж/моль, по данным работы [11] $\Delta H = -32$ кДж/моль, по данным

принята $t'_b = 90^\circ\text{C}$, на выходе $t''_b = 82^\circ\text{C}$. Начальная температура ИМС $t' = 20^\circ\text{C}$, температура десорбции $t'' = 80^\circ\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводные лодки, оснащенные воз- духонезависимыми энергетическими установками (ВНЭУ), в обозримом будущем полностью вытеснят привычные дизель-электрические субмарины. Среди всех типов ВНЭУ самым высоким КПД, наименьшей тепловой и химической заметностью, лучшими виброакустическими характеристиками обла- дают установки на основе электрохимических генераторов (ЭХГ). Такие ЭУ вначале как вспомогательные, а в перспективе – как главные корабельные силовые установки должны обеспечить длительное (до 45 сут.) патрулирование НАПЛ в подводном положении с соблюдением современных требований скрытности и взрывопожаробезопасности. При этом для хранения водорода представляется целесообразным использование аккумуляторов водорода в виде контейнеров с интерметаллидом $LaNi_5$. Низкий температурный уровень процессов извлечения/поглощения водорода, отсутствие на борту резервуаров с жидким или сжатым газообразным водородом, высокая плотность и, как следствие, небольшой объем системы хранения, а также значительное количество проведенных экспериментальных исследований позволяют рассматривать интерметаллид $LaNi_5$ в ка-

честве одного из наиболее удачных вариантов решения проблемы хранения топлива для ЭХГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажажа В.М., Тихоновский М.А., Шенелев А.Г. Материалы для хранения водорода: анализ тенденций развития на основе данных об информационных потоках // Вопросы атомной науки и техники. – 2006. Сер.: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники. – №1.
2. Байцок Ю.К., Мордкович В.З., Дудачова Н.В. Технологические возможности и состояние разработки гидридных термосорбционных компрессоров водорода // Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – №2 (10).
3. Булычев Б.М., Стороженко П.А. – Молекулярные и ионные гидриды металлов как источники водорода для энергетических установок // Альтернативная энергетика и экология. – 2003. – Спецвыпуск.
4. Водород: Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд./ Д.Ю. Гамбург,

В.П. Семенов, Н.Ф. Дубровкин, Л.Н. Смирнова; Под ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубровкина. – М.: Химия, 1989.

5. Дмитриев А.Л., Прохоров Н.С., Гришин В.Г. Гибридная энергоустановка для хранения и получения водорода // Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – №3 (11).
6. Дядик А.Н., Замукулов В.В., Дядик В.А. Корабельные воздухонезависимые энергетические установки. – СПб.: Судостроение, 2006.
7. Ижванов Л.А., Соловей А.И. Разработка гидридных тепловых насосов // Росс. хим. журнал. – 2001. – Т.XLV. – Вып. № 5 – 6.
8. Интерметаллические соединения / Перев. с англ. – М.: Металлургия, 1970.
9. Калмыков А.Н., Кириченко Л.И., Шаманов Н.П. Математическое моделирование динамических процессов в гидридных аккумуляторах водорода судовых энергоустановок. Учеб. пособие. – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2006.
10. Куцев С.В. Термодинамические свойства интерметаллических фаз в систе-

мах лантан-никель, лантан-кобальт и празеодим-никель.: Автореф. дисс. канд. хим. наук. – М.: РГБ, 2007.

11. Hubbard W. W., Rawling P. L. The standard enthalpy of formation of LaNi_5 // Chem. Thermodynamics. – 1983. – Vol.15.
12. Oishi K, Takagi S, Daikuhara Y, Haraki T. Characteristics of the initial activation of a nano-TiFe hydrogen storage alloy prepared by mechanical alloying// Advanced Science. – 2004. – Vol.16. – N.2.
13. Соколов В.С. Атмосферонезависимые энергетические установки для подводных лодок. Водородная энергоустановка на основе электрохимических генераторов. – СПб, ФГУП «ЦКБ МТ «Рубин», 2007.
14. Хэмpton М.Д., Слэттери Д.К., Джафафи Н. Использование аланатов для хранения водорода // Альтернативная энергетика и экология. – 2003. – Спецвыпуск. ■

Рецензент: **В.А. Фролов**, канд. техн. наук, доцент.



Открытое акционерное общество
Научно-производственное
предприятие

«КОНВЕРСИЯ»
ХК «Ленинец»

196066, Санкт-Петербург,
Московский пр., 212
Факс (812) 373-63-18
Тел. (812) 378-33-09
oaonppkonversiya@yandex.ru

Многопрофильное открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Конверсия» создано на базе одного из структурных подразделений холдинговой компании «Ленинец» в 1992 году, имеет юридическую самостоятельность и входит в состав ХК «Ленинец». Свою историю предприятие ведёт с 1949 года.

Электроразрывные соединители разрабатываются в соответствии с ОСТ В107.430421.001–86 «Соединители электроразрывные. Общие

технические условия» на основании технических требований, заложенных в техническое задание заказывающего предприятия.

В зависимости от технических требований соединители оснащаются различными электромеханическими устройствами и обеспечивают прохождение сигналов от сколь угодно малых значений токов и напряжений до нескольких сотен ампер и тысяч вольт при различных условиях внешней окружающей среды и воздействия механических нагрузок.



Кабельный жгут на базе СБК-54



Розетка контрольная РК-100



ЭРС типа «Бутан-М»



ЭРС типа «Кедр-2»

Николай Владимирович Голубев – видный инженер-кораблестроитель, научный и общественный деятель, преподаватель высшей школы – родился 22 октября 1910 г. в Москве в семье учителя математики, позднее профессора Саратовского университета.

В 1925 г. после окончания семи классов средней школы он поступает в Саратовский индустриальный техникум на механическое отделение. В 1928 г. переходит на физико-техническое отделение Саратовского университета, а в 1929 г. переводится на кораблестроительный факультет Ленинградского Политехнического института, преобразованного в 1930 г. в Ленинградский кораблестроительный институт (ЛКИ). Вся дальнейшая жизнь Н.В. Голубева тесно связана с судостроением. В 1933 г. он заканчивает судомеханический факультет ЛКИ. Еще в процессе обучения (с 1932 г.) начинает работать в ЦКБ «Судопроект» (позднее «Балтсудопроект»).

В ЦКБ Николай Владимирович трудился более 35 лет и прошел путь от техника-конструктора до заместителя главного конструктора и главного инженера ЦКБ. На этой должности Николай Владимирович, никогда не состоявший в КПСС, проработал с 1951 по 1967 г.

При его участии и под его руководством создавались проекты и выполнялся надзор за созданием большого числа кораблей и судов, в том числе плавучих доков пр. 75 и 76, сторожевых кораблей и тральщиков пр. 29, 59 и 73, буксиров пр. 730, плавучей базы пр. 310, сухогрузов «Севморпуть-1», пр. 564, 567, 569, 580, 581, 596 и 1562, пассажирских судов пр. 592 и 1551, танкеров пр. 563, 573 («Прага»), 576 («Пекин»), 1552 («София»), 586 (ГТУ), 1559 («Великий Октябрь») и пр. 1560.

Выполненные разработки отмечены рядом премий и дипломов. В 1949 г. за организацию поточного производства буксира мощностью 500 л.с. пр. 730. Николай Владимирович в составе группы авторов был удостоен Государственной премией СССР. Он также награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями.

С 1951 г. Н.В. Голубев, работая в ЦКБ, одновременно принимает участие в подготовке студентов ЛКИ; с октября 1965 г. – в должности профессора кафедры СЭУ ЛКИ по совместительству. В 1967 г. он переходит на штатную должность профессора ЛКИ, где проработал до 1991 г. В августе 1967 г., в связи с уходом из жизни П.И. Титова, Николай Владимирович возглавил ведущую кафедру машиностроительного факультета ЛКИ – судовых энергетических установок.

Николай Владимирович возглавлял кафедру СЭУ с февраля 1968 г. по 15 мая



1980 г. Сменившие его на этой должности сначала Б.В. Ракицкий, а позднее проректор ЛКИ В.А. Чистяков продолжили направление работы, и к настоящему времени кафедра восстановила спектр своей деятельности.

Николай Владимирович Голубев – автор и соавтор многих учебных пособий по проектированию валопроводов, расположений СЭУ, определению энергетических запасов и весовой нагрузки. Его практический опыт по проектированию судов был использован в ряде разделов учебных курсов дисциплины «Проектирование СЭУ» и научных разработок на кафедре (расположения оборудования СЭУ в МКО судов различного типа, влияние массы и габаритов СЭУ на экономическую эффективность транспортного судна и др.)

Николай Владимирович руководил научной работой кафедры СЭУ, на которой развивались три крупных научных направления: конденсаторостроение под руководством А.А. Промыслова и позднее В.А. Чистякова; обоснование технических решений по СЭУ, которым руководил сам Николай Владимирович, и разработка моделей имитационного моделирования эксплуатации судов под руководством В.И. Николаева.

Николай Владимирович принимал участие в подготовке фундаментально-

го учебного пособия по общим вопросам проектирования СЭУ, которое до настоящего времени остается основным. Пособие базируется на его личной многолетней практике работы в ЦКБ «Балтсудопроект», поэтому его можно использовать и для практических расчетов, оценок, принятия решений. Николаем Владимировичем разработана структура дипломных проектов по специальности «Судовые энергетические установки», в основном повторяющая содержание эскизного проектирования СЭУ в процессе проектирования судна в ЦКБ. Николай Владимирович работал с аспирантами и докторантами – А.Н. Бердниковым, Д.С. Ивановым, А.Г. Даниловским.

Оставив должность заведующего, Н.В. Голубев активно работал на кафедре до июля 1985 г. в должности профессора, а позднее занимался научной работой.

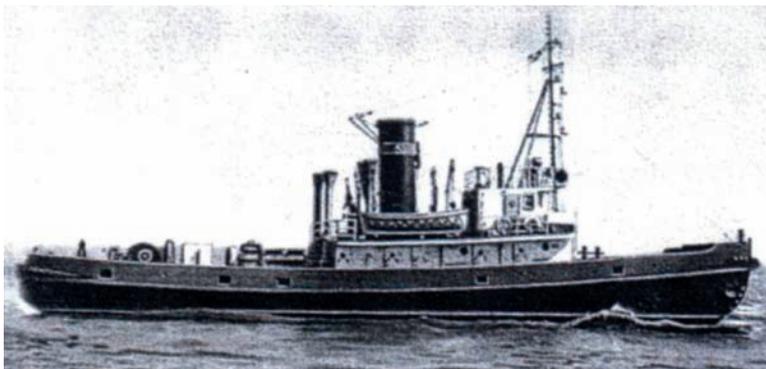
Более десяти лет Н.В. Голубев руководил подготовкой кадров высшей квалификации, возглавляя кандидатский совет по направлению СЭУ и их элементы (главные и вспомогательные). Вел большую общественную работу, входя в состав президиума НТО им. акад. А.Н. Крылова, редакционный совет издательства «Судостроение», редколлегии журнала «Судостроение» и сборника «Экономика судостроительной промышленности». Неоднократно избирался депутатом в Ленинградский городской и Октябрьский районный Советы.

Это был чрезвычайно эрудированный и скромный педагог – о том, что он награжден Государственной премией, знали немногие.

Н.В. Голубев умер в апреле 1994 г. на 84-м году жизни после продолжительной болезни.

Мы вспоминаем Николая Владимировича как яркую личность, внесшего большой вклад в отечественное судостроение, в подготовку инженерных и научных кадров. ■

Группа сотрудников кафедры СЭУ СПбГМТУ и ЦКБ «Балтсудопроект»



Буксир проекта 730

Сведений о судовых дизель-газотурбинных установках (ДГТУ) не так много, хотя их преимущества и область применения очевидны и известны давно. Основными преимуществами ДГТУ являются:

- высокая мощность установки при существенных ограничениях ее массы и габаритов;
- многовариантность и гибкость в обеспечении всех ходов судна с наибольшей топливной экономичностью;
- рациональное использование габаритов машинного отделения.

Эти преимущества достигаются сочетанием высокоэкономичных дизелей и мощных малогабаритных газотурбинных двигателей (ГТУ). Дизельный привод используется для малых и средних ходов судна, а газотурбинный – для полного хода и движения судна с максимальной скоростью.

Существующие ДГТУ по конструктивному исполнению принято подразделять на два основных типа [1]: CODOG, в которых допускается только раздельная работа либо дизелей, либо газовых турбин, соответственно в этой установке дизеля выполняют роль маршевых, а газовые турбины – форсажных двигателей, и CODAG, которые обеспечивают как раздельную, так и совместную работу поршневых и газотурбинных двигателей. С использованием этих ДГТУ максимальная скорость судна достигается только при совместной работе всех главных двигателей.

Дополнительно ДГТУ разделяют на установки с раздельным и общим приводом гребных винтов.

Установки с раздельным приводом (рис. 1) не получили широкого распространения из-за того, что при парциальной работе двигателей неработающий гребной винт (или винты) создает дополнительное сопротивление движению судна, на преодоление которого затрачивается энергия. В результате происходит значительное уменьшение скорости и резко падает экономичность установки в целом. Улучшить эксплуатационные характеристики подобных установок удастся за счет применения водометов. При этом ГТД работает на водомет, а дизели – на гребные винты регулируемого

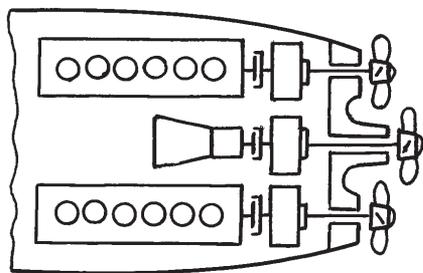


Рис. 1. Схема судовой ДГТУ с раздельным приводом

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬ-ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКОЙ

В.К. Румб, проф. СПбГМТУ,
В.И. Паюсов, главный конструктор,
Е.В. Чихачев, директор, НПО «Сатурн», СПб филиал,
 контакт. тел. (812) 3711177

шага (ВРШ). Строго говоря, ДГТУ с раздельным приводом можно рассматривать как совокупность трех независимых друг от друга одномашинных и одновалных установок, а поэтому работа дизеля и ГТД в такой установке принципиально не отличается от обычной работы в установке с прямой или с механической передачей.

Установки с общим приводом гребных винтов являются сложными в конструктивном исполнении и одновременно более рациональными с точки зрения возможных режимов работы винтов и двигателей. В частности, установка, принципиальная схема которой показана на рис. 2, а, состоит из двух автономных пропульсивных комплексов, каждый из них включает в себя дизель 1, газовую турбину 2, редуктор 3 и ВРШ 4. Здесь функции редуктора не ограничиваются простым суммированием мощности, трансформацией крутящего момента и понижением частоты вращения гребного винта с целью повышения его КПД. Редуктор дополнительно обеспечивает совместную и раздельную работу двигателей, что позволяет получить практически любые хода судна при минимальном расходе топлива. Еще большее

число возможных комбинаций работы двигателей и винтов дает ДГТУ с межредукторной передачей (позиция 5 на рис. 2, б). За счет данной передачи повышается живучесть судна, поскольку любой работающий двигатель может обеспечивать вращение как одного, так и обоих винтов сразу. Естественно, межредукторная передача (МРП), которая обычно встраивается в редуктор, существенно усложняет передачу. При этом масса и габариты редуктора растут: по имеющимся данным масса редуктора доходит до 40–60 % массы всей установки. Управление такой установкой также представляет определенные трудности.

Рассмотрим более подробно специфические особенности работы ДГТУ типа CODAG на примере установки, представленной на рис. 2, б. Прежде всего, специфичность проявляется в возможности парциальной работы и двигателей, и гребных винтов. Эта возможность создает условия для различных комбинаций работы дизелей, ГТД и гребных винтов, а значит, позволяет оптимизировать эксплуатационные режимы по расходу топлива на всех скоростях движения судна, начиная от самого малого хода и заканчивая полным ходом с максимальной скоростью. Указанные преимущества реализуются в полной мере только тогда, когда выполняются следующие требования:

- обеспечивается синхронная частота вращения валов всех параллельно работающих двигателей;
- пропорционально распределяется суммарная нагрузка между работающими двигателями в соответствии с их номинальными мощностями;
- используется полная мощность двигателей при их парциальной работе;
- плавно подключаются и отключаются двигатели к редуктору на всех режимах вращения гребного винта без снижения скорости судна;
- равномерно распределяется мощность между работающими гребными винтами в зависимости от условий их нагружения.

По существу указанные требования являются основополагающими. Их вы-

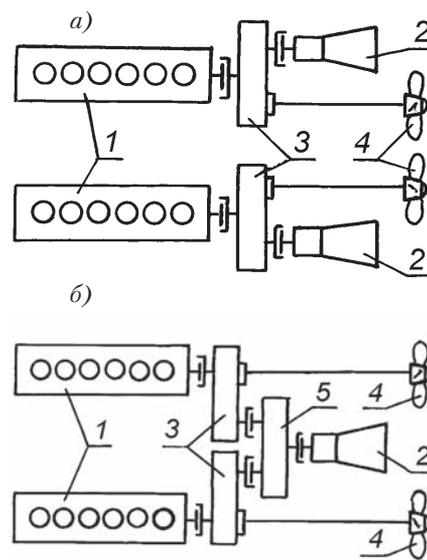


Рис. 2. Схема судовой ДГТУ с общим приводом (а) и с межредукторной передачей (б)

полнению способствует система автоматического управления и регулирования дизелей, ГТД, редуктора, МРП и ВРШ вместе взятых. Без такой системы нормальное функционирование ДГТУ типа CODAG с общим приводом гребных винтов невозможно. Далее остановимся на методических основах выполнения этих требований.

Синхронизация частот вращения параллельно работающих двигателей достигается системой автоматического управления (САУ), которая реализует принцип «ведущего объекта». Данный принцип означает, что регулирование частоты вращения подключаемого двигателя осуществляется по сигналу от датчика числа оборотов одного из работающих двигателей. Этот электрический сигнал, пропорциональный текущей частоте вращения, служит как бы эталоном для последующего сравнения в микропроцессоре САУ. В микропроцессор также подается сигнал от датчика частоты вращения подключаемого двигателя. Далее происходит сравнение сигналов и формирование сигнала рассогласования, который наделяется не только величиной, но и знаком отклонения от эталонного значения. Сигнал рассогласования передается в виде управляющего задания регулятору подключаемого двигателя. Регулятор, получив задание, корректирует подачу топлива.

Требование по плавному подключению и отключению двигателя выполняется установкой между ним и редуктором соединительно-разобидительной муфты, которая должна работать во всем диапазоне нагрузок без каких-либо ограничений. Если ограничения все же имеются, то перед операцией подключения-отключения необходимо уменьшать частоту вращения гребного винта. Другим обязательным условием для включения муфты является равенство приведенных к винту частот вращения подключаемого и работающего двигателей. Невыполнение этого условия может привести к откатам и поломкам элементов редуктора. Для предохранения от поломки рекомендуется применять муфты, которые допускают проскальзывание соединяемых валов.

Использовать полную мощность одного работающего дизеля помогает двухскоростной редуктор: на режимах работы по утяжелённой винтовой характеристике включается ступень с большим передаточным отношением, а при работе по облегченной характеристике – ступень с меньшим передаточным отношением. Однако эту задачу проще решать с помощью ВРШ, меняя положение лопастей. Выразаясь другими словами, ВРШ позволяет развить одну и ту же скорость судна при различных соотношениях шагового отношения H/D винта и частоты его враще-

ния n_z . При этом главным условием для эффективной работы гребного винта служит постоянство произведение $K_p \cdot n_z$, где K_p – коэффициент упора (рис. 3). Выполнить условие постоянства указанного произведения несложно. Например, при увеличении H/D растет коэффициент

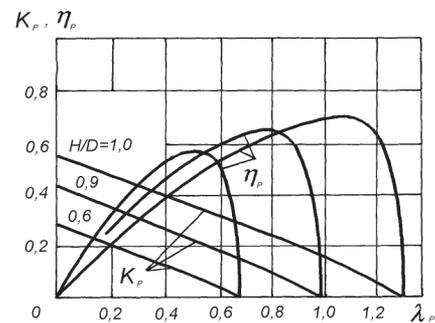


Рис. 3. Кривые действия ВРШ

упора и, чтобы сохранить $K_p \cdot n_z = \text{const}$, необходимо уменьшить частоту вращения винта. С ее уменьшением, между прочим, растет КПД винта, так как увеличивается относительная поступь, поскольку

$$\lambda_p = \frac{\vartheta}{n_z \cdot D},$$

где ϑ – скорость судна, м/с; D – диаметр винта, м.

Равномерное распределение мощности между работающими винтами происходит благодаря МРП. Распределяется мощность по валам в полном соответствии с гидродинамическими сопротивлениями гребных винтов. Так как эти сопротивления, как правило, не одинаковы, то МРП должен перераспределять подведенную к редуктору мощность пропорционально действующим сопротивлениям. Если данное условие не выполняется, возможна поломка зубчатых колес. Для предохранения от поломки МРП дополнительно оборудуют обгонным устройством типа дифференциала, которое компенсирует неизбежное от неравномерного нагружения рассогласование частот вращения гребных винтов. При парциальной работе винтов необходима обязательная защита валов и зубчатых колес редуктора от перегрузки. Она возможна, так как при совместной работе нескольких двигателей крутящий момент, подведенный к включенному гребному винту увеличивается, соответственно растут напряжения в валах. Предельные значения крутящего момента (Н·м) и мощности (кВт) определяются из условия прочности валопровода

$$M \leq W_p \cdot [\tau] \quad \text{и} \quad N \leq \frac{n \cdot W_p \cdot [\tau]}{9550},$$

где W_p – полярный момент сопротивления вала, м³; n – частота вращения гребного винта, мин⁻¹; $[\tau]$ – допускаемые касательные напряжения, Па.

Особую специфичность приобретает требование по распределению суммар-

ной нагрузки между работающими двигателями. Когда работают параллельно только дизеля, выравнивание нагрузки между ними осуществляется их штатными регуляторами частоты вращения. Для этого регуляторы настраивают так, чтобы регуляторные характеристики дизелей полностью совпали. Из сказанного следует, что выравнивать нагрузку между работающими двигателями за счет настройки регуляторов вращения можно только в том случае, если это регуляторы статические, имеющие степень неравномерности (статизма) $\delta = 2 \div 5\%$. Если совмещение регуляторных характеристик невозможно, то двигатели оснащаются дополнительными регуляторами нагрузки, которые по сигналу от САУ формируют корректирующие поправки для топливоподачи. В общем случае эти поправки вычисляются по формуле [3]

$$\chi = k \left(N_{ei} \frac{N_{\Sigma}}{N_{e\Sigma}} - N_i \right),$$

где k – коэффициент пропорциональности, N_{ei} и N_i – номинальная и фактическая мощности i -го двигателя, N_{Σ} и $N_{e\Sigma}$ – номинальная и фактическая мощности совместно работающих двигателей.

Данная поправка вводится в регулятор частоты вращения. В зависимости от величины и знака поправки регулятор корректирует цикловую подачу топлива, тем самым, изменяя загрузку двигателя. Совместно работающие двигатели будут нагружены равномерно, если выполняется равенство $\chi = 0$. Алгоритмы формирования корректирующей поправки для топливоподачи могут быть разными. В САУ дизелей чаще используются те, в которых выходные сигналы микропроцессора пропорциональны разности:

- фактических нагрузок между работающими двигателями;
- разности между фактической нагрузкой и средней нагрузкой двигателей.

Наиболее простой является система распределения нагрузки, реализующая первый алгоритм. Такая система, по сути, использует принцип «ведущего объекта», т.е. сравнивает по сигналам нагрузки ведомого двигателя с нагрузкой ведущего двигателя. В качестве последнего выбирается любой из работающих дизелей. Полученный в результате сравнения сигнал рассогласования является основанием для корректировки топливоподачи. Данный алгоритм обычно используется в САУ одинаковых двигателей. Погрешность в распределении нагрузки находится в пределах 3,5÷5%.

Система выравнивания нагрузки, работающая по второму алгоритму, обеспечивает большую точность, применима для установок с разнотипными двигателями и в частности для рассматриваемой ДГТУ. В отличие от первого алгоритма

здесь сравнение осуществляется со средней нагрузкой, которую определяют в зависимости от номинальной мощности каждого двигателя по формуле

$$N_{mi} = \frac{N_{e\Sigma} \cdot N_{ei}}{z \cdot N_{\Sigma}}$$

где z – количество одновременно работающих двигателей.

Значительно сложнее сохранить равенство частот вращения и нагрузки между совместно работающим дизелем и ГТД. Сложность заключается в том, что дизель имеет регулятор частоты вращения, а газовая турбина – регулятор топлива (он поддерживает расход топлива постоянным). Соответственно при неизменных управляющих заданиях дизель будет работать по регулярной характеристике, а газовая турбина по характеристике расхода. В этих условиях обычные колебания винтовой характеристики, обусловленные воздействием на судно различных внешних факторов, например, плавание во время шторма, вызывают рассогласование частот вращения работающих двигателей и приводят к неравномерному нагружению дизеля и ГТД. Теоретически возможны ситуации, когда суммарная нагрузка будет переключаться с турбины на дизель, иначе говоря, дизель будет стремиться взять на себя всю нагрузку. Однако более реальные ситуации, когда нагрузка будет попеременно переключаться с дизеля на турбину и обратно. Механизм перекачки нагрузки поясняет рис. 4, а. Попутно он подсказывает, что неравномерность нагружения дизеля можно уменьшить за счет увеличения наклона его регуляторной характеристики: для этого надо настроить регулятор на максимальную степень неравномерности δ . Развивая эту мысль и далее, можно предложить регуляторную характеристику в виде горизонтальной линии (рис. 4, б). В таком виде регуляторная характеристика, по существу, вырождается в частичную. При наличии такой характеристики существенного перераспределения мощности не будет, колебания частоты вращения вала увеличатся. Менять наклон регуляторной характеристики в широких пределах при механическом регуляторе скорости весьма труд-

но. Проще это сделать с электронным регулятором.

Другой способ поддержания равенства частот двигателей ДГТУ сводится к постоянной подстройке регулятора частоты вращения дизеля (рис. 4, в). Для этого ГТД оборудуется датчиком скорости, сигналы от которого непрерывно поступают в САУ. Последняя формирует и вводит поправку в задание регулятора частоты вращения дизеля. Такое введение изменяющейся во времени поправки вынуждает дизель постоянно работать на переменных регуляторных характеристиках. Дополнительно, если САУ и регулятор частоты вращения дизеля имеют устройство распределения нагрузки, можно выполнить требование и по выравниванию нагрузки.

В рассмотренных способах обеспечения совместной работы ДВС и ГТД априори «ведущим объектом» является газовая турбина. Однако ее работа с постоянным расходом топлива при изменениях винтовой характеристики приводит к значительным колебаниям частоты вращения. Амплитуда и скорость изменения частоты вращения зависят от метеорологических условий плавания судна, а поэтому являются нерегулируемыми параметрами. Вследствие повышенной неравномерности вращения работа пропульсивного комплекса будет сопровождаться динамическими нагрузками на валопровод и вибрациями корпуса судна. Другой недостаток связан с большой вероятностью выхода ГТД на ограничительную характеристику по температуре газов, поскольку номинальная винтовая характеристика располагается вблизи ограничительной, рис. 5.

Кроме того, при отклонении частоты вращения от заданной, соответствующей оптимальному режиму, падает топливная экономичность ГТД. Особенно велико это падение для одновальных ГТД: у них силовая турбина и компрессор связаны одним валом. В некоторой мере обеспечить постоянно частоты вращения можно за счет ВРШ путем разворота его лопастей. В этом случае САУ отслеживает нагрузку и при утяжелении винтовой характеристики уменьшает, а при облегчении – увеличивает шаг

винта. Между тем, поддержать частоту вращения ГТД постоянной можно и без ВРШ, а именно регулятором частоты вращения [2]. При работе ГТД по регуляторной характеристике колебания частоты вращения его вала практически исключаются (за исключением неизбежного статизма), но большие изменения подачи топлива могут оказаться нежелательными из-за колебаний температуры газов и тепловой напряженности камеры сгорания (см. рис. 5). В любом случае такой принцип регулирования ГТД возможен, и к тому же очень удобен для реализации управления совместной работы дизеля и ГТД. При наличии

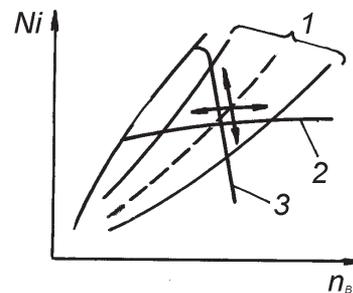


Рис. 5. Способы регулирования ГТД
1 – эксплуатационные винтовые характеристики; 2 – характеристика расхода; 3 – регуляторная характеристика

у ГТД регулятора скорости синхронизация частот вращения и равномерное распределение нагрузки между двигателями ДГТУ практически не будет отличаться от способа рассмотренного выше и свойственного параллельной работе дизелей.

Изложенные методические основы определения необходимых управляющих воздействий на ДГТУ типа CODAG базируются на статических характеристиках работающих двигателей. Что касается устойчивости режимов их совместной работы, то требуется решение объединенных уравнений динамики. Это решение позволяет построить переходные процессы при различных внешних возмущениях, определить возможные забросы параметров совместно работающих двигателей и, в конечном, счете, уточнить требования к системе автоматического управления и регулирования ДГТУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ржепецкий К.Л., Рихтер А.А. Дизель в пропульсивном комплексе. – Л.: Судостроение, 1978. – 253 с.
2. Кутьин Л.И. Автоматизация судовых дизельных и газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1973. – 383 с.
3. Цыркин М.И., Гольдинер А.Я. Дизельные агрегаты резервного электропитания. – СПб.: Чистый лист, 2003. – 277 с. ■

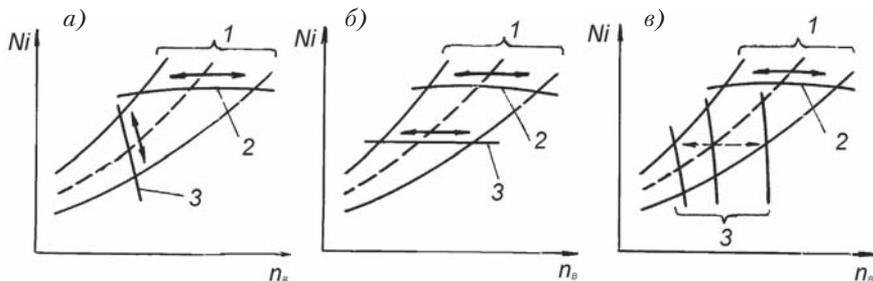


Рис. 4. Способы регулирования дизеля

1 – эксплуатационные винтовые характеристики; 2 – характеристика расхода ГТД; 3 – регуляторная характеристика двигателя

ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В СОСТАВЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И РАБОТЕ НА РАЗВЕТВЛЕННУЮ НАГРУЗКУ

Б.Ф. Дмитриев, д-р. техн. наук, проф., СПбГМТУ,
А.М. Лихоманов, канд. техн. наук, доцент СПбИМАШ,
контакт. тел. 8 911 7212936

Работа широтно-импульсных преобразователей (ШИП) напряжения на разветвленную сеть потребителей широко распространена в системах гарантированного электропитания, в установках с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии. Разветвленная сеть нагрузки связана с ШИП через выходной фильтр постоянного тока.

Особенности работы на разветвленную сеть нагрузки связаны с вероятностным характером как по значению потребляемой мощности, так и по коэффициенту мощности, при этом возможны скачкообразные изменения нагрузки (включение и выключение потребителей, мощность которых соизмерима с мощностью автономной сети).

Требования к качеству электрической энергии достаточно высоки обычно при питании устройств судовой автоматики, средств вычислительной техники.

Обеспечение качественных характеристик электроэнергетических систем на базе широтно-импульсного преобразования параметров энергии с автономным первичным источником питания (АПИП), связано прежде всего с получением желаемого изменения во времени энергетических координат в переходном и квазиустановившемся режимах работы. Точность формирования требуемой траектории полезной составляющей и степень подавления пульсирующей определяет качество преобразования электрической энергии [1, 2].

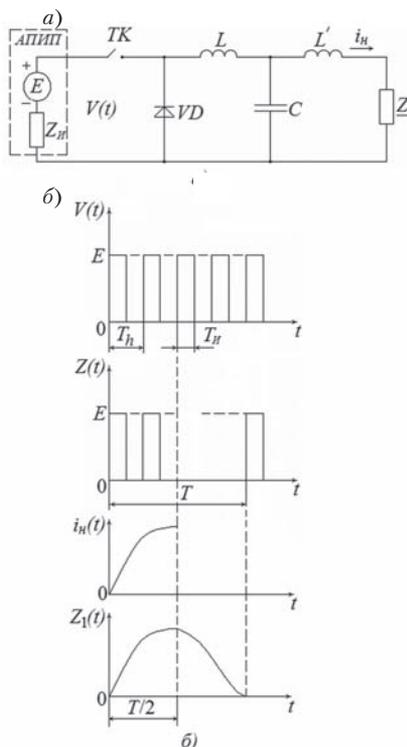


Рис. 1. Функциональная схема системы с Т-образным фильтром (а) с искусственной периодизацией широтно-импульсной последовательности и траектории тока (б)

Синтез данных систем (рис. 1, а) должен проводиться на основе анализа всей цепи преобразования энергии (АПИП–ключевой элемент–сглаживающий фильтр–нагрузка) и связан с выбором структуры, а также параметров сглаживающих фильтров.

Решению указанной проблемы применительно к линейной нестационарной активно-индуктивной нагрузке посвящена настоящая статья.

В дальнейшем сделаем предположение, что система управления ключевым элементом обеспечивает на входе фильтра широтно-импульсную последовательность с модуляцией по срезу и частоте коммутации \$f_h\$ (рис. 1, б).

Теоретическое обоснование вопроса. Пусть дано линейное стационарное дифференциальное уравнение

$$A(p)Y(t) = B(p)V(t); \quad A(p) = \sum_{i=1}^n a_i p^{n-1}; \quad (1)$$

$$B(p) = \sum_{i=1}^m b_i p^{m-1}; \quad n \geq m-1; \quad p = \frac{d}{dt}.$$

Справедливо следующее утверждение [3]: если \$V(t)\$ на отрезке времени \$(0-T)\$ представлено в форме тригонометрического ряда

$$V(t) = P_0 + \sum_{k=1}^{\infty} P_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} F_k \sin k\omega t, \quad (2)$$

то \$Y(t)\$ можно рассматривать как совокупность частных решений уравнения (1) от отдельных составляющих (2) с точностью до \$\Delta(t)\$:

$$Y(t) = \frac{b_m}{a_n} P_0 + \sum_{k=1}^{\infty} |W(j\omega k)| P_k \cos[k\omega t + \varphi_k] + \sum_{k=1}^{\infty} |W(j\omega k)| F_k \sin[k\omega t + \varphi_k] + \Delta(t) \approx \approx A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin k\omega t; \quad (3)$$

$$W(j\omega k) = \frac{B(j\omega k)}{A(j\omega k)}$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{\text{Im } W(j\omega k)}{\text{Re } W(j\omega k)}$$

$$\Delta(t) = \sum_{q=1}^n \frac{B(s_q)}{A'(s_q)} e^{s_q t} \times$$

$$\times \left[\frac{P_0}{s_q} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{F_k k\omega}{s_q^2 + k^2 \omega^2} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{P_k s_q}{s_q^2 + k^2 \omega^2} \right],$$

где \$(s_q - q)\$-й корень в полиноме \$A(s)\$; \$\dot{A}(s_q)\$ – производная \$A(s)\$ по \$s\$ при \$s = s_q\$.

Из выражения для \$\Delta(t)\$ следует, что:

– возможна взаимная компенсация собственных движений, вызванных постоянной и гармоническими составляющими в (2);

– для устойчивых \$A(p)\$ \$\Delta(t)\$ может сказываться только на начальном участке траектории.

В случае пренебрежения \$\Delta(t)\$ задача нахождения \$A_k, B_k\$ в (3) сводится к решению системы алгебраических уравнений

$$A(k\omega)A_k - B(k\omega)B_k = F(k\omega)P_k - E(k\omega)F_k; \quad B(k\omega)A_k + A(k\omega)B_k = E(k\omega)P_k + F(k\omega)F_k; \quad (4)$$

$$A(k\omega) = \sum_{r=0}^{[n/2]} (-1)^r (k\omega)^{2r} a_{n-2r};$$

$$B(k\omega) = \sum_{r=0}^{[(n-1)/2]} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} a_{n-2r-1};$$

$$F(k\omega) = \sum_{r=0}^{[m/2]} (-1)^r (k\omega)^{2r} b_{m-2r};$$

$$E(k\omega) = \sum_{r=0}^{[(m-1)/2]} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} b_{m-2r-1},$$

где \$[]\$ – целая часть.

Из выражения (4) следует: если значения \$A_k, B_k\$ при вариации коэффициентов уравнения (1) изменяются незначительно, то и динамические свойства системы, описываемой уравнением (1), изменяются также незначительно.

Рассмотрим преобразователь напряжения понижающего типа с однозвенным Т-образным фильтром и активно-индуктивной нагрузкой (см. рис. 1), где \$TK\$ – ключевой элемент; \$VD, L, L', C\$ – обратные диод, индуктивность и емкость

сглаживающего фильтра; Z_{II}, Z – внутреннее сопротивление источника питания и нагрузки.

Ток нагрузки $i_n(t)$ связывается с напряжением на входе сглаживающего фильтра $V(t)$ следующим дифференциальным уравнением:

$$(a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3) i_n(t) = V(t);$$

$$p = \frac{d}{dt}; a_0 = LC(L_n + L'); a_1 = LCR_n; (5)$$

$$a_2 = L + L_n + L'; a_3 = R_n,$$

где R_n, L_n – активное сопротивление и индуктивность нагрузки.

Напряжение на входе сглаживающего фильтра в случае пренебрежения внутренним сопротивлением источника питания Z_{II} будет

$$V(t) = E \text{ при } hT_h < t < hT_h + \gamma T_h;$$

$$V(t) = 0 \text{ при } hT_h + \gamma T_h < t < (h+1)T_h;$$

$$\gamma_h = \frac{T_{IIh}}{T_h}, (6)$$

где γ_h, T_{IIh}, T_h – скважность, длительность h -го импульса и период квантования; E – ЭДС первичного источника питания.

Для исключения влияния внутреннего сопротивления Z_{II} , при $|Z_{II}| \gg |Z_{II}'|$, необходимо выполнить условие

$$T_h(1 - \gamma_h) > t_{II},$$

где t_{II} – время переходного процесса, обусловленное накоплением электромагнитной энергии в реактивной составляющей Z_{II} за время $\gamma_h T_h$.

Широтно-импульсная последовательность (6) искусственно периодизируется в соответствии с правилом (рис. 1, б) [4]:

$$Z(t) = V(t) \text{ при } 0 \leq t \leq T/2;$$

$$Z(t) = 0 \text{ при } T/2 \leq t \leq T,$$

и соответствующее периодическое движение $Z(t)$ аппроксимируется тригонометрическим рядом Фурье (2):

$$P_0 = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{E \gamma_h}{2N};$$

$$P_k = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{E}{k\pi} \left[\sin \frac{(h + \gamma_h)k\pi}{N} - \sin \frac{k\pi h}{N} \right]; (7)$$

$$F_k = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{E}{k\pi} \left[-\cos \frac{(h + \gamma_h)k\pi}{N} + \cos \frac{k\pi h}{N} \right];$$

$$\gamma_h = \frac{T_{IIh}}{T}; \omega = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период искусственной периодизации; N – число импульсов на отрезке времени $T/2$.

Подставляя $V(t)$ в форме (7), в (5) получаем значения A_k, B_k для $i_n(t)$:

$$A_k = \frac{P_k A(k\omega) + F_k B(k\omega)}{A^2(k\omega) + B^2(k\omega)};$$

$$B_k = \frac{F_k A(k\omega) - P_k B(k\omega)}{A^2(k\omega) + B^2(k\omega)};$$

$$A(k\omega) = -k^2 \omega^2 a_1 + a_3;$$

$$B(k\omega) = k^3 \omega^3 a_0 + k\omega a_2.$$

Для активной нагрузки

($L_n = L' = 0$) $A(k\omega)$ и $B(k\omega)$ будут

$$A(k\omega) = -LCR_n k^2 \omega^2 + R_n; B(k\omega) = -k\omega L.$$

При работе источника на разветвленную нагрузку нестационарными являются R_n и L_n . Следовательно, условие низкой чувствительности переходного процесса к изменению R_n и L_n будет при $|B(k\omega)| \gg |A(k\omega)|$.

Из данного выражения следует, что для выполнения условия низкой чувствительности к изменению параметров нагрузки необходимо формировать управление силовым ключом преобразователя напряжения исходя из условия $R_n = R_{n\max}; L_n = L_{n\min}$, где $R_{n\max}$ – максимальное значение активной составляющей сопротивления нагрузки; $L_{n\min}$ – минимальное значение индуктивности нагрузки.

Синтез сглаживающего фильтра преобразователя напряжения. Задача синтеза заключается в определении структуры и параметров фильтра в зависимости от Z_{II} и частоты f_h из условия

$$\int_0^{T_1} [i_n(t) - i_n^*(t)]^2 dt \leq \delta,$$

где $i_n(t), i_n^*(t)$ – реальная и желаемая траектории тока нагрузки в переходном режиме работы; δ – допустимая величина погрешности; T_1 – интервал сравнения.

При этом накладывается ограничение

$$\Delta i_n \leq \Delta i_m,$$

где $\Delta i_n, \Delta i_m$ – реальная и допустимая величина пульсаций тока в квазистационарном режиме работы.

Для решения поставленной задачи широтно-импульсная последовательность представляется в виде (2), (7), а желаемая траектория $i_n^*(t)$ искусственно периодизируется в соответствии с правилом (рис. 1, б) [3]:

$$Z_1(t) = i_n^* \text{ при } 0 \leq t \leq T/2;$$

$$Z_1(t) = i_n^*(T/2) - i_n^*(t - T/2)$$

при $T/2 \leq t \leq T$, и соответствующее периодическое движение $Z_1(t)$ аппроксимируется тригонометрическим рядом Фурье (3).

Тогда для нахождения коэффициентов a_i уравнения (5) необходимо решить систему алгебраических уравнений

$$\sqrt{A_k^2 + B_k^2} = \sqrt{P_k^2 + F_k^2} |W(j\omega)|;$$

$$\arctg \frac{\text{Im} W(j\omega)}{\text{Re} W(j\omega)} = \arctg \frac{A_k}{B_k} - \arctg \frac{P_k}{F_k};$$

$$W(j\omega) = \frac{1}{a_0(j\omega)^3 + a_1(j\omega)^2 + a_2 j\omega + a_3}. (8)$$

Выбор желаемой траектории связан с ограничением напряжения на конденсаторе сглаживающего фильтра ($V_c(t)$) в переходных режимах работы

$$V_c(t) = (L_n + L') \frac{di_n(t)}{dt} + R_n i_n(t),$$

определяемого скоростью нарастания тока нагрузки.

Поэтому в качестве желаемой траектории выбирается траектория с треугольным изменением скорости нарастания тока (рис. 2). Значения A_k, B_k в (3) рассчитываются по формулам

$$A_k = \frac{2q^2 I_{cp}}{(\pi k)^3} \left[-2 \sin \frac{\pi k}{q} + \sin \frac{2\pi k}{q} \right];$$

$$B_k = \frac{2q^2 I_{cp}}{(\pi k)^3} \left[-1 + 2 \cos \frac{\pi k}{q} - \cos \frac{2\pi k}{q} \right];$$

$$i_{\Omega m} = \frac{I_{cp} q \omega}{\pi}; t_y = \frac{T}{q}; A_0 = 0,5 I_{cp}; q \geq 2,$$

где $I_{cp}, i_{\Omega m}$ – среднее значение тока нагрузки и максимальное значение скорости изменения тока нагрузки; t_y – время выхода тока нагрузки на среднее значение (время переходного процесса).

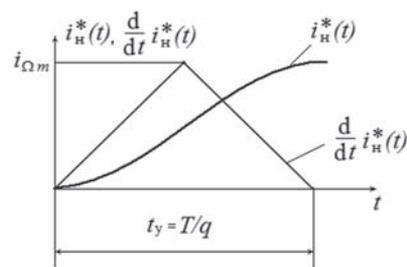


Рис. 2. Желаемая траектория тока нагрузки

Уравнение (5) запишем в виде $(p^3 + d_1 p^2 + d_2 p + d_3) i_n^*(t) = b V(t);$

$$b = \frac{1}{LC(L_n + L')}; d_1 = \frac{R_n}{(L_n + L')};$$

$$d_2 = \frac{L_n + L' + L}{LC(L_n + L')}; d_3 = \frac{R_n}{LC(L_n + L')} (9)$$

Подставляя $i_n^*(t), V(t)$ в виде (3), (2) в уравнение (9), получаем для нахождения коэффициентов передаточной функции, при $b = d_3$, систему алгебраических уравнений (8) в виде

$$\begin{bmatrix} -\omega^2 A_1 & \omega B_1 & A_1 - P_1 \\ -\omega^2 B_1 & -\omega A_1 & B_1 - F_1 \\ -9\omega^2 A_3 & 3\omega B_3 & A_3 - P_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^3 B_1 \\ -\omega^3 A_1 \\ 27\omega^3 B_3 \end{bmatrix}. (10)$$

Структуру сглаживающего фильтра можно упростить путем замены Т-образного на Г-образный фильтр ($L' = 0$) [4]. В данном случае необходимо решить систему алгебраических уравнений

$$\begin{bmatrix} \omega B_1 & A_1 - P_1 \\ -\omega A_1 & B_1 - F_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^3 B_1 + \frac{R_{II}}{L_{II}} \omega^2 A_1 \\ -\omega^3 A_1 + \frac{R_{II}}{L_{II}} \omega^2 B_1 \end{bmatrix} (11)$$

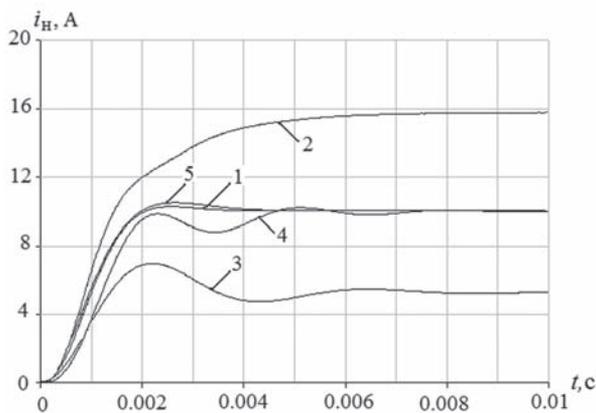


Рис. 3. Результаты моделирования с Т-образным фильтром, 1–5 – траектории тока нагрузки при $R_n = 11 \text{ Ом}; R_n = 6 \text{ Ом}; R_n = 20 \text{ Ом};$ при $L_n = 0,0002 \text{ Гн}; L_n = 0,005 \text{ Гн}$ соответственно

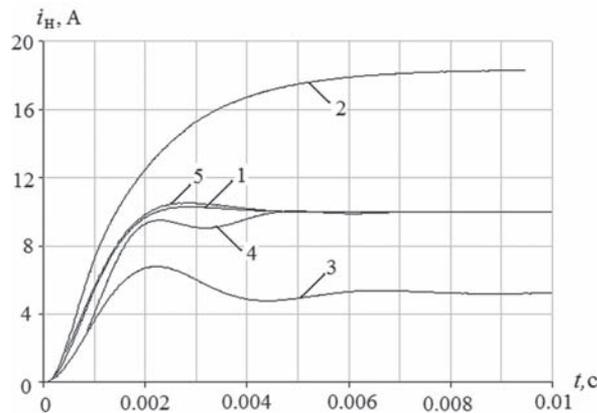


Рис. 4. Результаты моделирования с Г-образным фильтром, 1–5 – траектории тока нагрузки при $R_n = 11 \text{ Ом}; R_n = 6 \text{ Ом}; R_n = 20 \text{ Ом};$ при $L_n = 0,0002 \text{ Гн}; L_n = 0,005 \text{ Гн}$ соответственно

В качестве примера рассмотрим синтез выпрямителя ВГ-ТПЕ-100-24-0 «Конвертор» (г. Саранск) с параметрами:

$$E=220\text{В}; R_n = 11 \text{ Ом}; I_n = 10\text{А};$$

$$L_n = 0,001\text{Гн}; |Z_{\text{н}}| = 1 \text{ Ом};$$

$$f_h = 6\text{кГц}, t_y \approx 0,002\text{с}; K_{\text{П}} < 1,0\%;$$

$$\sigma < 2\%: K_{\text{П}} = \frac{I_m - I_{\text{ср}}}{I_{\text{ср}}} 100\%;$$

$$\sigma = \frac{I_m - I_{\text{ср}}}{I_{\text{ср}}} 100\%,$$

где $K_{\text{П}}$, σ – коэффициент пульсаций и перерегулирование; I_n – номинальный ток нагрузки.

Пусть $q = 4$. Тогда по заданным значениям I_n , R_n , E , t_y и f_h выбираем:

$$\gamma_h = \frac{I_n R_n}{E} = \text{const} = 0,5; T = qt_y = 0,008\text{с};$$

$$\omega = 785,4\text{с}^{-1}; N = \frac{Tf_h}{2} = 24. \text{ Коэффициенты } d_i, \text{ при решении системы (10)}$$

$$d_1 = 6,612\omega; d_2 = 19,174\omega^2; d_3 = 23,634\omega^3.$$

Параметры Т-образного фильтра:

$$C = 4,906 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L = 9,244 \cdot 10^{-3} \text{ Гн};$$

$$L' = 1,118 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$$

Значения $K_{\text{П}}$, σ не превышают 1% и 2% соответственно. На рис. 3 представлены результаты моделирования тока с Т-образным фильтром при различном характере нагрузки – резистивном и индуктивном.

Параметры Г-образного фильтра при решении системы (11):

$$d_2 = 2,432 \cdot 10^7; d_3 = 2,425 \cdot 10^{10},$$

чему соответствует $C = 4,522 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L = 0,01 \text{ Гн}.$

На рис. 4 представлены результаты моделирования тока с Г-образным фильтром при различном характере нагрузки.

В заключение можно сделать выводы:

Из рис. 3 и 4 видно, что при уменьшении активной и увеличении реактивной составляющих нагрузки, в широких пределах, качественные характеристики переходного процесса изменяются незначительно.

Рассмотренная процедура синтеза обеспечивает с необходимой для практики точностью требуемое качество элект-

рической энергии при различных видах нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чаплыгин Е.Е., Агудов А.Н., Московка А.А. Анализ инверторов напряжения на разветвленную сеть потребителей // Электротехника. – 2000. – №4. – С. 47–51.
2. Дмитриев Б.Ф. Анализ статических характеристик ступенчатого преобразователя напряжения // Электротехника. – 2000. – №11. – С. 16–20.
3. Лихоманов А.М. Параметрический синтез линейных систем на основе искусственной периодизации переходных характеристик // Изв. вузов: Приборостроение. – 1990. – №2. – С. 15–22.
4. Лихоманов А.М., Дмитриев Б.Ф., Бизяев А.А., Бусько А.В. Синтез структуры и параметров сглаживающих фильтров для широтно-импульсных систем преобразования энергии // Электричество. – 2005. – №5. – С. 47–51. ■

В статье рассмотрены результаты решения трех наиболее сложных задач, от которых во многом зависит успешное проектирование цифровых систем управления (СУ) ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) кораблей:

- конфигурация вычислительной системы СУ ЯЭУ;
- технология разработки программного обеспечения (ПО) СУ ЯЭУ;
- тестирование СУ ЯЭУ;

Структура вычислительной системы СУ ЯЭУ. Подробный анализ требований, предъявляемых к СУ ЯЭУ [1,2], показал, что наиболее проблемными, с точки зрения сложности реализации в вычислительной среде, являются требования по обеспечению:

- предотвращения выработки ложного сигнала управления;
- сохранения в полном объеме функций безопасности при двух отказах.

Принципиальные технические решения, положенные в основу создания СУ ЯЭУ, приняты еще на начальной стадии разработки системы и приведены в [3].

Ядро цифровых СУ ЯЭУ составляют вычислительные комплексы, состоящие из определенного количества вычислительных крейтов, объединенных в единое целое посредством магистралей обмена данными (МОД). Крейт состоит из одного процессорного модуля, интерфейсных модулей ввода-вывода аналоговой или дискретной информации – устройств связи с объектом (УСО), модулей – адаптеров последовательных каналов обмена и модулей питания.

Структура управляющего вычислительного комплекса СУ ЯЭУ приведена на рис. 1.

С точки зрения выполняемых функций в СУ ЯЭУ, как и в любой системе управления, все ее вычислительные крейты можно условно разделить на три типа.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ КОРАБЛЕЙ

В.С. Василенко, канд. техн. наук, начальник лаборатории,
Л.В. Тотьменинов, канд. техн. наук, начальник отдела,
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. 6101178

Крейты первого типа – крейты ввода-вывода инструментальной информации (посредством модулей УСО), в которых реализуются функции:

- первичной обработки входной информации, характеризующей физические процессы в ЯЭУ и состояние ее оборудования;
- вычисления по алгоритмам защиты и автоматического управления управляющих воздействий на оборудование ЯЭУ;
- обмена данными с другими приборами системы по МОД.

Для предотвращения выработки ложного сигнала управления на ОУ из крейтов первого типа создаются трехканальные группы. Обычно каждую из них размещают в одном конструктиве, образующем совместно с модулями питания, монтажными комплектами разъемов и т. д. трехканальный прибор ввода-вывода инструментальной информации (ПВВИ). Каждый из каналов группы решает одну и ту же задачу параллельно с остальными двумя. Синхронизация

работы программ в каналах осуществляется естественным образом за счет того, что программы всех трех крейтов отслеживают одни и те же физические процессы в объекте управления.

Для сохранения работоспособности СУ при двух отказах трехканальные ПВВИ, управляющие оборудованием ЯЭУ высшей категории важности, резервируются [1,2].

При отказах процессорных модулей отдельных каналов и последующих их включениях в работу в них обеспечивается восстановление информации.

В крейтах второго типа решаются следующие задачи:

- приема по каналам межприборного обмена из ПВВИ значений дискретных сигналов управления исполнительными органами арматуры ЯЭУ;
- мажорирования (два из трех) дискретных сигналов управления, выработанных в канальных крейтах ПВВИ;
- непосредственной передачи результатов мажорирования дискретных сигналов управления, на исполнительные органы арматуры ЯЭУ.

На базе крейтов второго типа конструируются трехканальные приборы вывода информации (ПВУ). Основной задачей приборов ПВУ является обеспечение физического интерфейса между параметрами сигналов, которыми оперируют средства вычислительной техники (ТТЛ – уровень), и параметрами сигналов управления арматурой ЯЭУ.

В крейтах третьего типа решаются задачи организации человеко-машинного интерфейса в СУ ЯЭУ на основе применения виртуальных и физических органов управления установкой и представления персоналу информации о состоянии объекта управления (ОУ) и аппаратуры самой СУ в форме видеокладов.

На базе крейтов третьего типа конструируются пультовые приборы (ПП).

Взаимодействие всех приборов и крейтов СУ ЯЭУ между собой, как уже

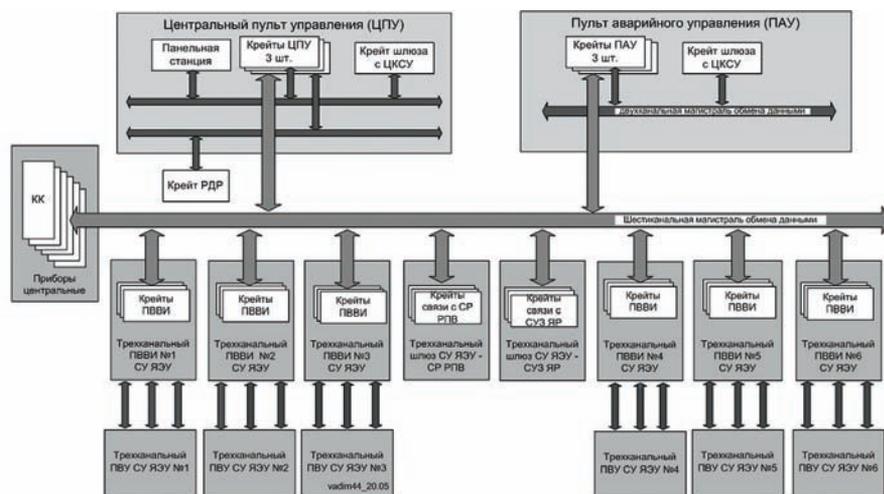


Рис. 1. Управляющий вычислительный комплекс СУ ЯЭУ

АВИГАТЕЛИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

упоминалось выше, обеспечивается посредством МОД.

МОД в СУ ЯЭУ реализована на базе интерфейса ГОСТ Р 52070-2003. Она состоит из МОД двух уровней:

- шестиканальной первого уровня (основная);
- двухканальной второго уровня (локальная).

К основной магистрали подключены абоненты, которые могут выполнять свои функции на основе обмена данными со всеми другими абонентами магистрали.

К локальным магистралям подключены абоненты, обмен данными между которыми осуществляется в ограниченном – локальном – пространстве, например, только в пределах пультов управления или между ПВВИ и ПВУ.

Многоканальность основной магистрали обеспечивает не только ее надежность, но и высокую производительность, в шесть раз выше, чем у одноканальных [4]. Как основная, так и локальные магистрали построены на основе применения интерфейсных модулей УСМК (устройства связи мультиплексного канала) и КРОСС (устройство для организации связи по стандарту ГОСТ Р 52070-2003) производства ООО «Экран», г. Жуковский Московской обл. Основными особенностями этих модулей являются малое потребление и многоканальность. Причем, каждый канал независим и может быть отдельно запрограммирован на работу в любом качестве: контроллера канала, оконечного устройства и монитора (см. ГОСТ Р 52070-2003). Модули КРОСС представляют собой приемопередающие повторители и позволяют перейти от магистрального принципа построения физической магистрали к радиальному принципу. Это существенным образом повышает живучесть СУ ЯЭУ. При этом логическое построение магистрали, а с ним и программное обеспечение остаются неизменными.

В СУ ЯЭУ применены модули УСМК в четырехканальном исполнении (существуют еще и восьмиканальные) и восьмиканальные модули КРОСС. Это позволило спроектировать МОД СУ ЯЭУ на основе применения в каждом крейте только по два модуля УСМК.

Управление процессом обмена данными в основной магистрали осуществляется от шести центральных приборов, каждый из которых состоит из одного крейта. В каждом крейте размещается один модуль УСМК, запрограммированный на работу в качестве контроллера канала, и четыре модуля КРОСС.

Количество абонентов в основной магистрали – 30. Максимальное количество абонентов в локальной магистра-

ли центрального пульта управления – 6. Общее количество абонентов в МОД СУ ЯЭУ – 55.

В процессе функционирования СУ ЯЭУ должна тесно взаимодействовать со смежными локальными системами:

- управления и защиты ядерного реактора (СУЗ ЯР);
- регулирования расхода питательной воды (СР РПВ).

Для интеграции указанных систем в среду СУ ЯЭУ и используются специальные трехканальные приборы связи – шлюзы. Структура этих приборов от обычных приборов ПВВИ отличается отсутствием в их составе модулей УСО. Крейты этих приборов также подключены к общей МОД и являются ее полноправными абонентами.

Структуры СУЗ ЯР и СР РПВ выходят за рамки данной статьи и далее не рассматриваются.

Кроме того, в состав СУ ЯЭУ входят два одноканальных прибора связи с центральной комплексной системой управления (ЦКСУ) техническими средствами корабля. Подключены эти приборы – шлюзы, к локальным МОД пультовых приборов (см. рис. 1).

Программное обеспечение СУ ЯЭУ. Наиболее важной особенностью СУ ЯЭУ, определяющей выбор технологии разработки ПО для нее, является сложность функциональных алгоритмов управления ЯЭУ. Эта технология обязательно должна обеспечивать разработчикам:

- наглядность языка формального описания алгоритмов Желательно, представление алгоритмов в графической форме;

- наблюдаемость состояний алгоритмов функционального управления объектом в процессе функционирования. Иными словами, в составе технологических программных средств должны быть развитые средства отладки алгоритмов, в которых информация о состоянии алгоритма управления представляется как на экран монитора, непосредственно подключенного к крейту, так и на экран монитора, подключенного к инструментально-технологической ПЭВМ, связанной с крейтом посредством интерфейса Ethernet (режим так называемой, удаленной отладки).

Программное обеспечение СУ ЯЭУ разрабатывалось на основе применения разработанной в ОАО «Концерн «НПО «Аврора» программной системы **Dlogic v2.0** [5,6].

В основу создания программной системы **Dlogic v2.0** положена совокупность алгоритмов обработки информации, в среде которых могут быть реализованы любые алгоритмы функционального управления объектом. В нашем случае ЯЭУ.

Программная система **Dlogic v2.0** состоит из двух программных комплексов:

- 1) системы автоматизированного проектирования функционального программного обеспечения (САПР ФПО);
- 2) специализированной прикладной операционной системы реального времени (СПОС РВ).

САПР ФПО представляет собой интегрированный инструментально-технологический пакет прикладных программ, предназначенный для проектирования программного обеспечения систем управления ОУ различного назначения. Пакет рассчитан на системных инженеров – проектировщиков, не владеющих технологиями программирования на языках высокого уровня. В качестве языка программирования в ней используется графическое представление функциональных схем алгоритмов (ФСА) управления ОУ.

Под ФСА понимается графическое изображение алгоритма функционального управления в виде совокупности функциональных блоков (ФБ) и связей между ними. Под ФБ понимается отдельный типовой фрагмент алгоритма. На изображении ФСА он представлен в виде многополюсника с произвольным количеством входных и выходных переменных.

В состав САПР ФПО входят следующие программные подсистемы:

- 1) подсистема ведения проектов ФПО (ПВП);
- 2) подсистема формирования баз исходных данных (ПФБИД);
- 3) подсистема проектирования (редактирования) функциональных схем алгоритмов управления (ППФСА);
- 4) подсистема проектирования (редактирования) видеокладов (ППВК);
- 5) подсистема генерации таблиц настройки для СПОС РВ (ПГТН);
- 6) подсистема моделирования и отладки ПО (ПМО).

В результате проектирования ПО с использованием инструментальных средств САПР ФПО программной системы **Dlogic v2.0** формируются так называемые таблицы настройки СПОС РВ на реализацию конкретного алгоритма функционального управления ЯЭУ и файлов описания графических изображений ФСА и видеокладов:

- 1) файл описания проекта (ФОП);
- 2) базы исходных данных (БИД);
- 3) файлы графических изображений ФСА (ФГИ ФСА);
- 4) файлы графических изображений видеокладов (ФГИ ВК);
- 5) таблицы настройки межприборного обмена (ТН МПО);
- 6) таблицы настройки логического сервера (ТН ЛС).

Функционирует САПР ФПО в среде ОС **WINDOWS XP**.

СПОС РВ представляет собой исполнительскую программу, загружаемую в процессорные модули крейтов проектируемой системы управления. Как и любая программа, СПОС РВ содержит кодовый сегмент и сегмент данных.

Основной отличительной и *чрезвычайно важной* особенностью СПОС РВ, как программы, реализующей алгоритмы управления объектом, является то, что она разработана на основе интерпретационного метода. В результате кодовая часть СПОС РВ не зависит от реализуемых в ее среде алгоритмов функционального управления, а это означает, что во все процессорные модули крейтов загружается программа с одной и той же кодовой частью. Это обстоятельство открывает широкие возможности по тестированию СПОС РВ и, как следствие, обеспечивает высокую степень ее отработки. На реализацию конкретных алгоритмов СПОС РВ настраивается с помощью таблиц настройки, формируемых средствами САПР ФПО. Содержимым этих таблиц инициализируется сегмент данных СПОС РВ.

Состоит СПОС РВ из следующих основных программных подсистем:

- 1) базовой операционной системы реального времени;
- 2) логического сервера;
- 3) сетевого сервера;
- 4) графического сервера;
- 5) программ управления устройствами ввода/вывода инструментальной информации (комплекта драйверных программ).

В качестве базовой операционной системы (ОС) реального времени (РВ) применяется ОС РВ QNX v.4. Вместе с тем СПОС РВ может быть достаточно просто адаптирована и к другим базовым операционным системам. Например, Linux, Windows или Unix.

Остальные три компонента СПОС РВ представляют собой дополнительный прикладной слой базовой ОС РВ. Структура СПОС РВ приведена на рис. 2.

О сложности алгоритмов функционального управления СУ ЯЭУ, в какой-то мере, можно судить по следующим показателям:

- по количеству видеокладов представления информации. Проект ПО СУ ЯЭУ включает в себя 80 видеокладов;
- по количеству функциональных блоков в ФСА управления ЯЭУ. Проект ФСА ПО крейта ЦПУ включает в себя 20500 ФБ, а проект ПО крейта ПВВИ - 2500 ФБ.

Еще одним важным свойством программной системы **Dlogic v2.0** является наличие в ней встроеной развитой системы отладки, реализованной в среде графического сервера. Причем, отладка

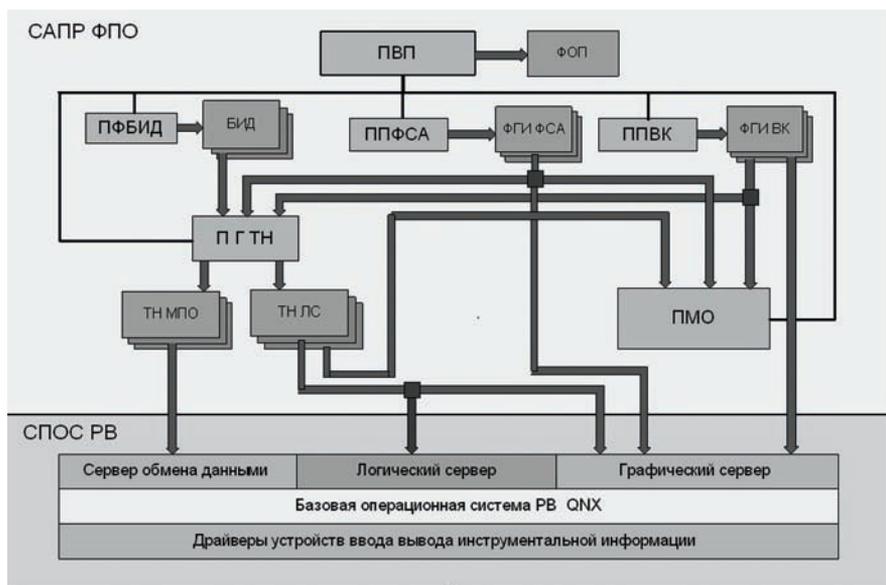


Рис. 2. Структура программной системы «Dlogic»

осуществляется на основе графического изображения ФСА с отображением на ней текущих значений всех переменных. Это обеспечивает высокий уровень наблюдаемости вычислительных процессов в реальном времени в приборах СУ ЯЭУ при выполнении пуско-наладочных работ. Как показали результаты испытаний СУ ЯЭУ, наиболее полезным для успешного выполнения отладочных работ на СУ ЯЭУ на корабле явился реализованный в программной системе **Dlogic v2.0** режим удаленной отладки.

Технология тестирования СУ ЯЭУ.

Как показал опыт разработки, отладки и сдачи СУ ЯЭУ на объекте, первое место по сложности и трудоемкости занимает тестирование ПО СУ ЯЭУ. Здесь и сложность предвидения всего многообразия возможных сочетаний событий и нестандартных ситуаций в ОУ, различного рода ограничений, накладываемых на тесты с реальным оборудованием и т. д. Кроме того, процесс отладки ПО СУ ЯЭУ на всех этапах связан с неизбежным внесением в него изменений – корректировкой. При этом вполне возможно внесение в него новых ошибок. Особенно в такой сложной системе, как СУ ЯЭУ. Поэтому при любой корректировке ПО необходимо проводить его новое тестирование (иногда в сокращенном объеме). Именно от результатов тестирования СУ ЯЭУ на всех этапах создания ПО в наибольшей мере зависит качество разрабатываемых систем и, что особенно важно для СУ ЯЭУ кораблей, безопасность самих кораблей и их экипажей.

Выполнение тестирования невозможно без применения специальных инструментально-технологических программно-аппаратных комплексов. Причем, на каждом этапе разработки ПО СУ ЯЭУ задачи и методы тестирования различны, следовательно, различны и

конфигурации комплексов для тестирования [6].

Тестирование СУ ЯЭУ, как и любой другой системы, проводится на следующих этапах ее разработки и эксплуатации:

- 1) разработка и тестирование алгоритмов функционального управления ЯЭУ;
- 2) разработка и автономная отладка отдельных узлов и подсистем СУ ЯЭУ;
- 3) комплексная отладка и испытания СУ ЯЭУ на заводе-изготовителе;
- 4) комплексные швартовые испытания СУ ЯЭУ на корабле;
- 5) заводские ходовые и государственные испытания;
- 6) эксплуатация корабля.

На этапах 1–4 разработки и испытаний СУ ЯЭУ для обеспечения тестирования разрабатываются соответствующие программы и методики тестирования.

На этапах 5, 6 тестирование СУ ЯЭУ осуществляется совместно с испытаниями ЯЭУ и корабля в целом.

Этап 1. Разработка и тестирование алгоритмов функционального управления ЯЭУ. На этом этапе тестирование производится по программе и методике проверки правильности алгоритмов управления.

Для тестирования алгоритмов здесь используется моделирующий комплекс, состоящий из трех компонентов:

- 1) математическая модель объекта;
- 2) математическая модель системы управления;
- 3) рабочее место оператора.

Каждая из перечисленных компонент комплекса располагается на отдельной ПЭВМ, объединенных в единое целое посредством магистрали обмена данными на интерфейсе Ethernet.

Основной задачей использования комплекса является проверка принци-

пов и решений, принятых при разработке алгоритмов функционального управления ЯЭУ и интерфейса с оператором установки. Кроме того, комплекс может применяться и для обучения операторов ЯЭУ в качестве понятийного тренажера.

Математическая модель объекта здесь должна быть максимально адекватной моделируемой ЯЭУ.

Функциональное ПО математической модели СУ ЯЭУ разработано с использованием той же технологии разработки ПО, что и ПО СУ ЯЭУ – программной системы **Dlogic v2.0.** Моделируются как алгоритмы функционального управления ЯЭУ, так и алгоритмы человеко-машинного интерфейса.

Рабочее место оператора предназначено для управления процессом моделирования. С его помощью реализуются такие операции, как:

– пуск/останов процесса моделирования;

– формирование и загрузка снимков памяти с информацией, характеризующей состояния объекта и алгоритмов СУ;

– ввод нестандартных ситуаций для моделирования различного вида аварий.

Применение такого комплекса позволяет в полной мере обеспечить тестирование алгоритмов функционального управления СУ ЯЭУ задолго до изготовления самой системы и на основе этого выявить и устранить многочисленные ошибки и противоречия в алгоритмах, обычные при разработке сложных систем. В том числе и алгоритмов, связанных с эргономикой взаимодействия оператора с СУ ЯЭУ

Этап 2. Разработка и автономная отладка отдельных узлов и подсистем СУ ЯЭУ. На этом этапе тестирование производится по тестовым программам проверки отдельных узлов и подсистем.

Разработка и тестирование ПО осуществляется средствами, предоставляемыми инструментально технологическими программными системами. Например, программной системой **Dlogic v2.0.**

Этап 3. Комплексная отладка и испытание СУ ЯЭУ на заводе-изготовителе. Тестирование производится по программе и методике проверки СУ ЯЭУ на функционирование.

Для отладки и тестирования на стенде завода изготовителя используется комплекс так называемых нестандартных средств испытаний (НСИ), состоящий из математической модели объекта и комплекта устройств связи с объектом (УСО), посредством которого обеспечивается обмен информацией между СУ ЯЭУ и математической моделью объекта.

Математическая модель объекта размещается на центральной ПЭВМ НСИ, связанной с УСО посредством магистрали обмена данными на интерфейсе Ethernet. Программное обеспечение модели объекта разработано в двух вариантах:

- 1) упрощенном – статическая модель;
- 2) подробном – динамическая модель.

Статическая модель используется для тестирования реализованных в СУ ЯЭУ документально оформленных алгоритмов функционального управления в процессе формальных приемосдаточных испытаний СУ ЯЭУ.

В качестве динамической модели используется та же модель объекта, что и в моделирующем комплексе, и предназначена она для тестирования реальной СУ ЯЭУ с учетом реальной динамики поведения СУ и объекта. Изготовлен комплект УСО на основе промышленных ПЭВМ.

Этап 4. Комплексные швартовые испытания на корабле. Для четвертого этапа разрабатывается программа и методика проверки на функционирование.

Наибольшие затруднения при тестировании СУ ЯЭУ на корабле связаны с невозможностью проведения тех или иных тестов при реально работающем оборудовании ЯЭУ. В то же время, не проведя всесторонней проверки алгоритмов управления, особенно при внесении в него изменений, в корабельных условиях недопустимо приступать к реальной эксплуатации установки. Для решения задачи тестирования алгоритмов системы в корабельных условиях на этапе швартовых испытаний используются специальный комплекс НСИ.

Комплекс состоит из одной ПЭВМ. Программное обеспечение ПЭВМ включает в себя две математические модели объекта: упрощенную и подробную. К крейтам СУ ЯЭУ НСИ подключены посредством МОД на интерфейсе Ethernet. При выполнении тестирования все УСО крейтов СУ ЯЭУ программно отключаются и организуется взаимодействие СУ ЯЭУ теперь уже с моделью объекта только по каналу Ethernet. Это позволяет производить тестирование ПО СУ ЯЭУ непосредственно на корабле. Очевидно, что при этом основное оборудование ЯЭУ никак не затрагивается.

Этап 5. Эксплуатация корабля. Тестирование на этом этапе осуществляется при использовании системы по прямому назначению.

В процессе эксплуатации корабля могут быть выявлены какие-то недостатки в функционировании СУ ЯЭУ, требующие корректировки ПО. Прежде, чем произвести корректировку ПО СУ ЯЭУ, находящуюся в эксплуатации на корабле, необходимо его протестировать на заводе-изготовителе. Для этого на заво-

де развернут стенд, состоящий из полно натурной модели СУ ЯЭУ и НСИ. Технология тестирования полно натурной модели СУ ЯЭУ та же, что и реальной СУ ЯЭУ на этапе 3. Вычислительная система полно натурной модели отличается от вычислительной системы реальной СУ ЯЭУ только использованием аппаратуры с пониженными механико-климатическими характеристиками.

В заключение следует отметить, что правильность изложенных в статье принципов проектирования подтверждена результатами испытаний СУ ЯЭУ ряда кораблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ядерной безопасности ядерных энергетических установок судов (ПБЯ-С). НП-029-01 / Госатомнадзор России. – М., 2001.
2. Общие положения обеспечения безопасности ядерных энергетических установок судов. НП-022-2000 / Госатомнадзор России. – М., 2001.
3. Астров В.В., Василенко В.С., Тотьменинов Л.В. Вопросы создания интегрированных систем управления ядерными энергетическими установками кораблей. // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / ФГНЦ «НПО «Аврора». – 2000. – Вып. 1. – С. 45 – 52.
4. Василенко В.С., Грант Р.А., Тотьменинов Л.В. Магистраль обмена данными на интерфейсе ГОСТ Р 52070-2003 для систем управления ядерными энергетическими установками кораблей. // Системы управления и обработки информации. Науч.-техн. сб. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – 2009. – Вып. 17. – С. 28 – 33.
5. Василенко В.С., Тотьменинов Л.В. Система автоматизированного проектирования «Dlogic 2.0» функционального программного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / ФНПЦ «НПО «Аврора». – 2002. – Вып. 4.
6. Василенко В.С., Тотьменинов Л.В., Черныш Ю.Н. Система программирования комплексных систем управления техническими средствами судов. // Морской Вестник. – 2008. – №2(26). – С. 48 – 53.
7. Василенко В.С., Тотьменинов Л.В. Некоторые направления развития технологии отладки и тестирования программного обеспечения систем управления ядерными энергетическими установками кораблей. // Системы управления и обработки информации. Науч.-техн. сб. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – 2009. – Вып. 17. – С. 92 – 97. ■

Известно, что обеспечение живучести корабля (судна) и его технических средств – одна из важнейших задач, решаемых в ходе его проектирования, строительства и эксплуатации.

Для современных высокоавтоматизированных кораблей (судов) с малым числом личного состава свойство «живучесть» в значительной степени обеспечивается возможностью личного состава управлять поврежденным кораблем (судном) посредством различных судовых систем управления (СУ). Следовательно, живучесть корабля (судна) зависит от живучести судовых систем управления, которые участвуют в борьбе за живучесть заказа в целом.

Как правило, любая система управления имеет в своем составе пульт управления (ПУ) системой, некую среду передачи управляющего сигнала и непосредственно прибор нижнего уровня, выдающий команду на изменение состояния объекта управления (ОУ).

Предметом настоящей статьи является живучесть упомянутой выше среды передачи данных, выделенной в отдельную систему, именуемую в дальнейшем системой обмена данными (СОД). Ниже на рис. 1 представлена типовая структура комплексной системы управления (КСУ) с двумя СУ и системой обмена данными.

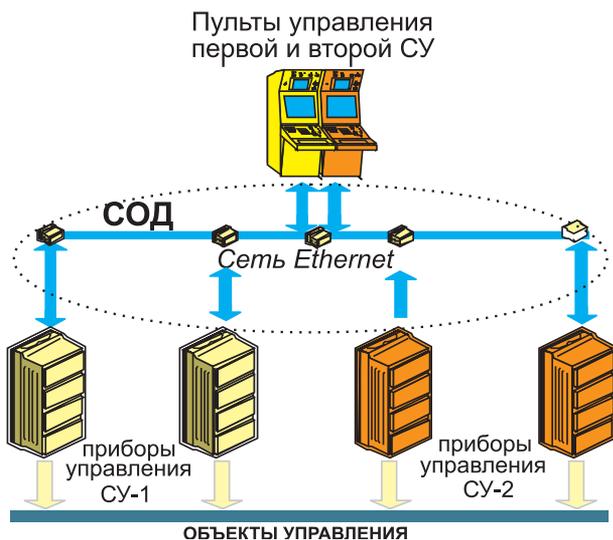


Рис. 1. Типовая структура КСУ с СОД

Исторически сложилось, что изначально в СУ не было отдельной СОД. Этот факт прежде всего был обусловлен относительно небольшим объемом передаваемых сигналов. Однако со временем требования по объему передачи информации существенно выросли. В результате потребовалось гораздо большее количество кабельных связей, поскольку имеющиеся уплотненные каналы обладали относительно невысокой пропускной способностью и не могли обеспечить передачу требуемого объема информации. Вследствие этой причины создалась объективная предпосылка для перехода на высокоскоростные уплотненные каналы передачи данных. Естественно, для реализации этих каналов в состав таких СУ потребовалось включать специализированное оборудование со своими связями, которое и было названо СОД. Введение СОД на основе технологии Ethernet в судовые СУ позволило радикальным образом решить вопрос о передаче больших объемов информации за относительно небольшой промежуток времени.

Функциональное назначение СОД заключается, в первую очередь, в своевременной передаче информации составным

О ЖИВУЧЕСТИ СУДОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С СИСТЕМОЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ

В.И. Гольтраф, д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник – зам. начальника самостоятельной лаборатории,
С.Л. Лобанов, канд. техн. наук, ведущий инженер,
А.В. Самойлов, аспирант, начальник самостоятельной лаборатории, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 7025937

частям КСУ с одновременным обеспечением гарантированной доставки этой информации, несмотря на воздействующего фактора (ПФ) аварии.

Из рассмотрения сформулированного выше функционального назначения СОД и её централизующего (интегрирующего) значения в структуре КСУ ТС следует, что именно СОД представляет наибольший интерес с точки зрения живучести всей КСУ и, как следствие, заказа в целом.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что СОД – среда передачи данных для большинства систем из состава КСУ ТС и по этой причине вынуждена иметь наиболее протяженную по кораблю (судну) структуру, а значит, именно СОД наиболее вероятно подвержена воздействию ПФ аварии на судне. Важность СОД становится еще более значимой в аварийных условиях, когда операторы разных судовых СУ борются за живучесть корабля, управляя через СОД различными ОУ, которые непосредственно участвуют в борьбе за живучесть корабля (судна), а именно:

- энергетической установкой и рулевой машиной, обеспечивающими минимально необходимый уровень функционирования поврежденного корабля (судна);
- станциями пожаротушения и водоотливными насосами, подавляющими аварию путем тушения пожара и откачивания воды из подверженных аварии противопоаварийных зон (ПАЗ);
- захлопками клапанов вентиляции, локализирующими распространение аварии по кораблю.

По этой причине анализ живучести СОД с целью оценки ее соответствия требованиям заказчика и выбора наиболее рациональной структуры построения является важной и актуальной задачей для решения проблемы повышения живучести корабля (судна).

С целью оценки живучести разрабатываемых систем необходимо иметь соответствующую методику. Она должна содержать критерии и показатели живучести, в том числе различные допущения и условия, позволяющие оценивать живучесть разрабатываемых СУ. В данной статье рассмотрен один из возможных вариантов такой методики применительно только для надводных кораблей (судов).

В соответствии с вариантом методики для надводных кораблей (судов) при аварии «поступление воды» принимается, что аппаратура, находящаяся в зоне затопления (ниже уровня верхней палубы, ВП) и не предназначенная для работы за бортом и в затопляемых помещениях, считается перешедшей в состояние «отказ». При этом участки информационных и энергетических линий связи (кабели) сохраняют свою исправность.

При аварии «пожар» принимается, что все приборы СУ и участки информационных и энергетических линий связи (кабели), расположенные в аварийной ПАЗ, переходят в состояние «отказ».

Принимаемые жесткие допущения о предельном действии ПФ типа «пожар» по всему пространству аварийной ПАЗ но-

сит вынужденный характер, обусловленный неопределенностью параметров распространения пожара как в пространстве ПАЗ, так и во времени.

В качестве пояснения предлагаемого подхода ниже изложен материал, позволяющий сформировать понимание того, каким образом можно оценить живучесть СУ.

Здесь и далее под *живучестью* судовой СУ и входящей в ее состав СОД понимается *способность системы продолжать функционирование по прямому назначению в условиях, отличных от спецификационных, в том числе при переходе в состояние «отказ» ряда ее элементов (аппаратуры и участков транзитных линий связи).*

Под показателем живучести P судовой системы управления понимается возможность выполнения ($P = 1$) или невыполнения ($P = 0$) системой функционально-самостоятельной операции (ФСО), важной для борьбы за живучесть, например, управления движением аварийного корабля (судна), прежде всего с основных ПУ, поскольку переход на резервные ПУ резко снижает качество руководства этой борьбой.

При этом понимается, что свойства «живучесть» СУ обеспечивается двумя составляющими:

- стойкостью каждого из элементов системы к ПФ аварии;
- рациональным выбором структуры построения системы.

Именно последняя из указанных составляющих – структура построения системы СОД – и ее влияние на живучесть СУ являются предметом дальнейшего исследования в настоящей статье.

Анализ структур построения СОД в СУ действующих, строящихся и проектируемых в настоящее время кораблей (судов) позволяет выделить наиболее распространенные из них:

- линейная структура;
- однокольцевая внутренняя структура;
- однокольцевая с наружным (забортным) полукольцом.

Для определенности будем проводить дальнейший сравнительный анализ приведенных структур на примере гипотетического корабля с пятью противоаварийными зонами. ПАЗ – это зона, за границы которой влияние ПФ аварии не распространяется.

Очевидно, что при выборе структуры построения СУ с СОД разработчик исходит, в первую очередь, из количества и расположения по ПАЗ корабля (судна) ОУ, приборов управления, а также основных и резервных ПУ. Поэтому предположим, что на данном гипотетическом корабле имеется пять ПАЗ, в каждой из которых размещено по одному ОУ, по одному прибору управления, основной ПУ находится во второй зоне, а резервный ПУ – в четвертой зоне.

Анализ живучести судовой СУ начинается с анализа исходных данных по анализируемой системе и построения, так называемой функционально-топологической схемы (ФТС) системы. ФТС представляет собой графический рисунок корабля (судна) с указанием ПАЗ и расположенных в них приборов судовой СУ с функциональными линиями связи между ними.

Для анализа живучести СУ в качестве исходных данных необходимо знать следующее:

- приборный состав анализируемой СУ, включая аппаратуру СОД;
- основные (важные для борьбы за живучесть) функционально-самостоятельные операции системы;
- расположение приборов СУ по заказу, в том числе и приборов электропитания, непосредственно питающих анализируемую СУ;
- функциональные связи анализируемой СУ с другими системами, в том числе со вспомогательными системами, такими как система электропитания.

На основе полученных исходных данных по СУ построим функционально-топологическую схему (рис. 2):

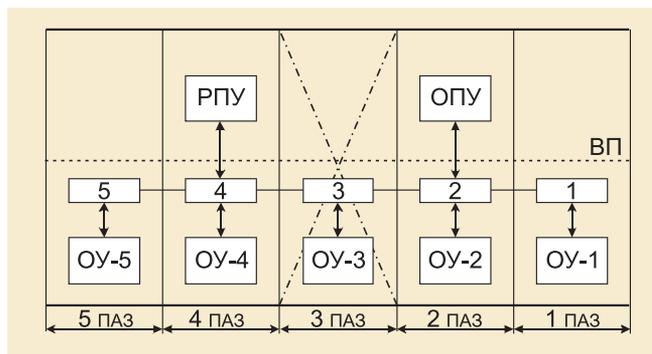


Рис. 2. ФТС судовой СУ с линейной структурой СОД ОУ-1 – ОУ-5 – объекты управления СУ (в состав СУ не входят); ВП – верхняя палуба; ОПУ – основной пульт управления СУ; РПУ – резервный пульт управления; 1 – 5 – аппаратура и линии связи СУ, включая аппаратуру СОД и приборы питания в соответствующих ПАЗ

На рис. 2 представлена ФТС анализируемой СУ абстрактного корабля с наиболее распространенной и недорогой линейной структурой СОД.

Для анализа необходимо задаться моделью аварийной ситуации, которую и будем рассматривать в дальнейшем. В качестве важной для борьбы за живучесть выберем следующую ФСО – управление с ОПУ пятым объектом управления (ОУ-5). Предположим, что воздействию ПФ подвергается третья ПАЗ.

Из вышеописанной ситуации и ФТС видно, что в рассматриваемом нами варианте аварии в третьей ПАЗ воздействию ПФ подвергается только третий элемент ФТС. Следовательно, можно считать, что показатель живучести $P_{д}$ выполнения ФСО для линейной структуры определяется стойкостью к ПФ только третьего элемента, так как остальные элементы не подвержены воздействию ПФ. Следовательно, если вследствие воздействия ПФ на третий элемент он переходит в состояние «отказ», то и показатель $P_{д}$ живучести линейной структурой СОД будет равен 0 (в противном случае $P_{д} = 1$), а значит, анализируемая система не сможет выполнить важную для борьбы за живучесть ФСО.

Важно отметить, что указанное значение показателя живучести $P_{д}$ выполнения ФСО в значительной степени зависит не только от стойкости самого элемента к ПФ аварии, но и от типа аварии и расположения этого элемента в пространстве аварийной ПАЗ (прежде всего, по высоте).

Для полноты анализа живучести судовой СУ с СОД следует проанализировать выполнение ФСО в случаях воздействия ПФ на другие ПАЗ. Однако в целях сокращения излагаемого материала авторы опускают подробный анализ других ПАЗ в силу предсказуемости результатов, а именно, воздействие ПФ на любую из пяти ПАЗ приведет к невозможности выполнения рассматриваемой ФСО в силу того, что анализируемая СУ имеет нерезервируемую линейную структуру СОД.

В качестве достоинств линейной структуры можно отметить простоту исполнения и низкую стоимость. К недостаткам следует отнести ситуацию, при которой авария в третьей ПАЗ корабля (судна) переводит в состояние «отказ» аппаратуру третьей ПАЗ и выполнение ФСО становится не возможным, в то время как необходимая для выполнения ФСО аппаратура (ОПУ и ОУ-5) исправна. Подобная ситуация с точки зрения живучести СУ считается неприемлемой. В то же время, если требования по живучести в части указанной ФСО к СУ не предъявляются, то такая структура имеет право на существование.

Представленная выше структура судовой СУ с линейной СОД не является единственно возможной. Далее в настоящей статье рассмотрены другие варианты построения СУ с СОД, более живучие к различным вариантам воздействия ПФ.

ПОСТРОЕНИЕ СУДОВОЙ СУ С ОДНОКОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРОЙ СОД

В целях исключения недостатков линейной структуры СОД была разработана кольцевая структура СОД, которая отличается повышенной живучестью к воздействию ПФ относительно линейной структуры. На рис. 3 представлена ФТС СУ с однокольцевой внутренней структурой СОД.

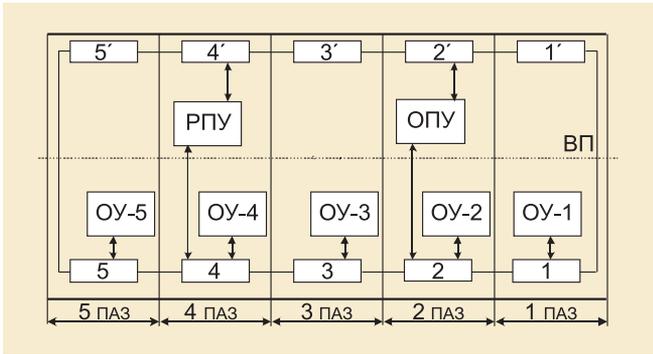


Рис. 3. ФТС судовой СУ с однокольцевой внутренней структурой СОД

ОУ-1 – ОУ-5 – объекты управления СУ (в состав СУ не входят); ВП – верхняя палуба; ОПУ – основной пульт управления СУ; РПУ – резервный пульт управления СУ; 1 – 5 – аппаратура и линии связи СУ включая аппаратуру СОД и приборы питания в соответствующих ПАЗ; 1' – 5' – транзитная линия связи второго полукольца СОД в соответствующих ПАЗ

Спрашивается, в чем же преимущество подобной структуры, если транзитный участок 3 проходит через ту же ПАЗ? Все становится очевидным, если принять во внимание тот факт, что этот участок расположен выше ВП. Такое разнесение элементов по пространству корабля позволяет предположить, что при аварии типа «вода» аппаратура, обозначенная элементом 3, останется вне воздействия ПФ, так как расположена выше возможного уровня подъема воды, а следовательно, останется исправной. В то же время при аварии типа «пожар», скорее всего, гарантирована исправность элемента 3, так как пожар, как правило, распространяется вверх, а значит данный элемент в отличие от элемента 3 находится в большей безопасности.

Для полноты анализа живучести СУ с СОД следует проанализировать подобным образом выполнение ФСО в случаях воздействия ПФ на другие ПАЗ. В результате такого анализа можно сделать следующие выводы:

1. При аварии типа «вода» выполнение поставленной ФСО будет определяться только стойкостью ОУ-5 к ПФ, так как лишь поступление воды в пятую ПАЗ может привести к переходу в состояние «отказ» самого объекта управления. Поступление же воды в другие ПАЗ не приведет к невыполнению ФСО в силу того, что аварийные участки 2, 3, 4 будут зарезервированы элементами 2, 3, 4, расположенными выше ВП и не подверженными воздействию ПФ.

2. При аварии типа «пожар» выполнение поставленной ФСО будет определяться только стойкостью ОПУ к ПФ, так как лишь пожар во второй ПАЗ, скорее всего, приведет к состоянию «отказ» самого ОПУ.

По результатам анализа, проведенного подобным образом, делается вывод о соответствии или не соответствии судовой СУ требованиям по живучести. В рассмотренном варианте система удовлетворяет требованию по живучести, так как ситуаций, при которых исправная СУ вследствие воздействия ПФ не могла бы управлять исправным ОУ, не выявлено.

В качестве достоинств однокольцевой внутренней структурой СОД можно отметить высокую живучесть по сравнению с линейной структурой и относительно невысокую стоимость.

К недостаткам следует отнести усложнение технических решений в части аппаратных и программных средств.

Однако сделанный выше вывод о «не выявленных ситуациях» не значит, что такие ситуации невозможны просто в силу того, что неучтено в полной мере развитие влияния ПФ в пределах одной и соседних ПАЗ.

ПОСТРОЕНИЕ СУДОВОЙ СУ С ЗАБОРТНЫМ ПОЛУКОЛЬЦОМ СОД

Чтобы максимально исключить непредсказуемость распространения влияния ПФ, была разработана более совершенная кольцевая структура СОД, а именно, с забортным полукольцом. Действительно, в этом случае элемент «0», обозначающий забортное полукольцо, будет вне зоны действия практически всех поражающих факторов и, следовательно, живучесть такой структуры СОД по сравнению однокольцевой внутренней структурой будет выше.

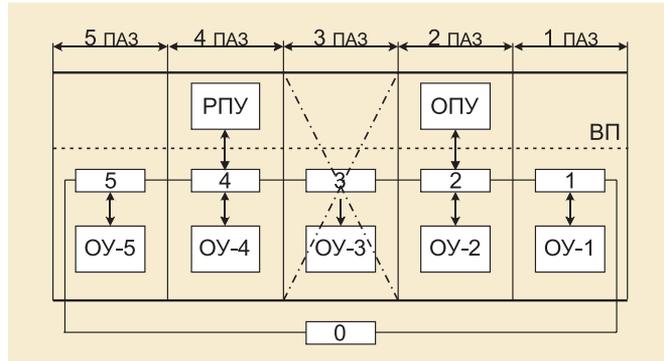


Рис. 4. ФТС судовой СУ с забортным полукольцом СОД

ОУ-1 – ОУ-5 – объекты управления СУ (в состав СУ не входят); 0 – забортная линия связи СОД; ОПУ – основной пульт управления СУ; РПУ – резервный пульт управления СУ; 1 – 5 – аппаратура и линии связи СУ, включая аппаратуру СОД и приборы питания в соответствующих ПАЗ

Из представленной ФТС видно, что при аварии в любой ПАЗ и переходе в состояние «отказ» любого элемента логической схемы управление ОУ-5 сохраняется в полном объеме, за исключением аварии в пятой ПАЗ, где расположен сам объект управления.

Подобная ситуация с точки зрения живучести судовой СУ считается наиболее предпочтительной, так как невыполнение ФСО связано прежде всего с переходом в состояние «отказ» самого ОУ-5, а не аппаратуры, анализируемой СУ с СОД. В такой ситуации дальнейшие рекомендации по повышению живучести выполнения ФСО будут связаны с конструктивным исполнением ОУ-5 аварийной ПАЗ.

Важно подчеркнуть, что представленный в настоящей статье подход к анализу живучести разрабатываемых судовых СУ выполнен на примере простейших ФТС с учетом ряда допущений и условностей. На практике же СОД в судовой СУ охватывает не 5 ПАЗ, а 14–15 ПАЗ, топология расположения приборов СОД имеет существенно более сложную форму, включающую не только кольцевые связи, но и так называемые «внутренние», также влияющие на живучесть СОД и требующие своего учета.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что результатом анализа живучести, проведенного подобным образом, является подтверждающее или опровергающее заключение о соответствии или не соответствии требованиям ТЗ по живучести анализируемой СУ с СОД. В качестве дополнения к такому заключению вырабатываются рекомендации по частичному или полному снижению влияния ПФ аварии на судовую СУ. Данные рекомендации должны быть учтены на последующих стадиях проектирования СУ в целях повышения живучести заказа в целом. ■

Сегодняшние технические объекты не мыслимы без широкого использования электронных устройств вычислительной техники, автоматики, систем управления непрерывными технологическими процессами, безопасности, связи, пожарной и охранной сигнализации. Все эти системы в полном объеме присутствуют на современных кораблях и судах как гражданского, так и военно-морского флота. Комплексная автоматизация кораблей потребовала обеспечить судовое оборудование бесперебойным электропитанием высокого качества [3], принципам организации которого посвящен ряд работ, выполненных специалистами ОАО «Концерн «НПО «Аврора». Согласно этим работам к настоящему времени совершен переход к электроснабжению потребителей по принципу «бесперебойного электропитания», подразумевающего полное отсутствие перерыва в питании. Также в указанных работах показано, что за истекший период агрегат бесперебойного питания (АБП) стал основным системообразующим элементом при организации электропитания наиболее ответственных корабельных комплексов [1].

К АБП относятся устройства, получающие электроэнергию как минимум от двух источников и использующихся для питания аппаратуры, при функционировании которой недопустимы даже кратковременные перерывы в электроснабжении [3]. На сегодняшний день на рынке преобразовательной техники и источников бесперебойного питания представлено большинство мировых производителей силовой электроники. Они удовлетворяют различным требованиям, имеют различные архитектуры и ценовые группы. Однако предприятий, представляющих на рынке АБП, удовлетворяющие требованиям ВМФ РФ, не так уж много. Вызвано это сильным отличием требований, предъявляемых к корабельным АБП, от требований, предъявляемых к АБП общепромышленного исполнения. Корабельные АБП отличаются более широким диапазоном входных напряжений (минус 25–13)%, устойчивостью к воздействиям импульсных коммутационных перенапряжений с гораздо большей энергией и временем воздействия (амплитудой до 1 кВ и продолжительностью до 5 мс), большой перегрузочной способностью и высокой точностью поддержания выходных параметров. Модули, входящие в состав корабельных АБП, должны выдавать в систему управления верхнего уровня большее, по сравнению с общепромышленными АБП, количество сервисных сигналов. В последние годы в функциональную схему указанных модулей обязательно входит устройство контроля сопротивления изоляции выходных фидеров. Жесткие требования предъявляются к габаритным размерам,

АГРЕГАТЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Ю. А. Губанов, д-р техн. наук, проф., ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
О. Е. Лозицкий, канд. техн. наук,
Г. М. Москаленко, ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320 2393.*

допустимому тепловыделению, способу охлаждения, механической прочности. Так, в большинстве случаев для выполнения требований объекта по уровню шумов, надежности и санитарных норм, корабельные АБП должны иметь естественное воздушное охлаждение. Зачастую корабельные АБП выполняются в водозащищенном исполнении.

Одним из поставщиков корабельных АБП для нужд ВМФ является ОАО «Системы управления и приборы» («СУП»), Санкт-Петербург. На предприятии в кооперации с ОАО «Концерн «НПО «Аврора» создан целый норморяд АБП, выпускаемый под децимальным номером КИАР.436115.001 ТУ. В эти технические условия включены модули, поставляемые как по заказу ВМФ РФ, так и их экспортные аналоги, поставляемые по заказу ВМФ других стран. АБП выполнены в многовыходном модульном исполнении, модули которого могут иметь степень защиты от IP24 до IP55. На сегодняшний день ведется разработка АБП для судов, подлежащих сертификации Российским Морским Регистром судоходства (РМРС).

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АБП

С целью соответствия принципу бесперебойного электропитания современные корабельные АБП кроме переключателя входных сетей имеют в своем составе резервный источник электроэнергии – аккумуляторную батарею (АБ), которая в таких АБП эксплуатируется в буферном режиме и в моменты переключения обеспечивает бесперебойное питание нагрузки за счет своей энергии. Кроме того, использование в составе АБП аккумуляторной батареи позволяет аппаратуре корабля завершать свою работу в автоматическом режиме без потери информации при полном обесточивании как основной, так и резервной сетей [3].

АБП могут быть спроектированы на самые различные параметры источников питания. Наибольшее распространение получили АБП с параметрами питания: трехфазное переменное напряжение 380 В (или 220 В), 50 Гц; постоянное напряжение 175–320 В. Параметры выходного напряжения: постоянное 28 В или 127 В,

переменное одно или трехфазное 220 В, 50 Гц (или 400 Гц). Выходное напряжение каждого канала АБП может регулироваться в ручном, автоматическом режиме, или в соответствии с заданием по сети дистанционного управления.

В зависимости от требований, которые предъявляются к АБП заказчиком, они могут быть реализованы по различным структурам и с разным функциональным набором входящих в них устройств. На сегодняшний день преобладает многовыходная модульная структура АБП, подтвердившая свою высокую эффективность в процессе эксплуатации и имеющая в своем составе следующие основные функциональные устройства:

1. Электронный или электромеханический переключатель входных сетей в модульном исполнении. Обеспечивает подачу напряжения основной сети на входа преобразовательных модулей при условии, что напряжение основной сети находится в заданных пределах. При некондиционности параметров основной сети он переключает питание модулей-преобразователей на резервную сеть. Обратный переход происходит после восстановления параметров качества энергии основной сети. Для исключения многократных переключений вблизи зоны пороговых значений в алгоритм управления переключателем обязательно вводится гистерезис. Кроме того, он обеспечивает электромагнитную совместимость АБП и корабельной аппаратурой по питающим цепям, ограничивает амплитуду импульсных коммутационных перенапряжений на безопасном для модулей-преобразователей уровне.

2. Статический преобразователь в модульном исполнении. Количество преобразователей, входящих в состав АБП, соответствует количеству выходных фидеров. Основное назначение модуля-преобразователя – стабилизация напряжения выходного фидера, гальваническое разделение выходного фидера от входного, защита выходного фидера от перегрузок и коротких замыканий. Кроме того, преобразователи могут выполнять различные сервисные функ-

ции такие, как контроль сопротивления изоляции выходных цепей.

3. Инвертор. Выполняет преобразование постоянного напряжения в однофазное (или трехфазное) переменное 50 Гц (или 400 Гц). Обеспечивает защиту по току при перегрузке и коротком замыкании. Допускается работа на различную нагрузку: активную, активно-индуктивную, активно-емкостную, выпрямительную. При этом кратность тока в режиме короткого замыкания может составлять до шести раз.

4. Аккумуляторная батарея. Обеспечивает работу модулей-преобразователей при кратковременной одновременной некондиционности питающих сетей, а при их полном исчезновении – в течение регламентированного промежутка времени.

5. Устройство контроля и заряда АБ. Осуществляет непрерывный контроль во всех режимах эксплуатации состояния всех АБ, входящих в состав АБП. Обеспечивает заряд и подзаряд АБ по заданному алгоритму. Предотвращает разряд АБ ниже допустимого предела. Выдает сигналы о частичном и полном разряде АБ, а также сигнал о готовности к работе. Также выполняет повышение уровня напряжения АБ до уровня входного напряжения необходимого для нормальной работы преобразовательных модулей входящих в состав АБП. Используется в тех случаях, когда величины напряжения АБ недостаточно чтобы обеспечить работу преобразовательных модулей.

6. Блок вентиляции. Предназначен для поддержания теплового режима аккумуляторных батарей и перемешивания воздуха в объеме шкафа АБП.

Система управления всех модулей, выпускаемых ОАО «СУП», реализована при помощи DSP-технологий, что обеспечивает высокую адаптивность модулей к внешним воздействиям и легкость сопровождения во время всего жизненного цикла изделия.

АБП С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИТЫ

В 1994 г. был разработан технический проект новой системы четвертого поколения корабельной автоматизированной системы «Литий» для подводной лодки «Лада». Подход, выбранный для проектирования системы, основывается на идее формирования интегрированной автоматизированной системы управления кораблем на основе общекорабельной системы обмена данными [2]. Для электроснабжения этой системы были поставлены на заказ корабельные модульные АБП, состоящие из входных модулей, обеспечивающих фильтрацию импульсно-коммутационных перенапряжений (ИКП) и электромагнитную совместимость (ЭМС) преобразовательных модулей с питающей сетью, и пре-

образовательных модулей, непосредственно выполняющих преобразование параметров энергии и осуществляющих стабилизацию параметров выходной энергии. АБП питается от двух корабельных сетей постоянного тока напряжением (175–320) В, которое преобразуется модулями-преобразователями в выходное гальванически развязанное стабилизированное напряжение 28,5 В постоянного тока или 230 В переменного однофазного тока промышленной частоты. Выходная мощность модулей-преобразователей составляет 150 Вт и 300 Вт.



Рис. 1. Модуль АБП-Л

Для обеспечения требований степени защиты IP55 они выполнены в оригинальном сварном алюминиевом конструктиве, значительно увеличившим эффективную площадь охлаждения за счет теплопередачи на все поверхности модуля.

АБП ДЛЯ НУЖД ИНОСТРАННЫХ ЗАКАЗЧИКОВ

В рамках выполнения экспортных заказов предприятием были разработаны АБП агрегатно-батарейного типа для фрегатов пр. 11356, строящихся по заказу ВМС Индии. Данные АБП, внешний вид которых представлен на рис. 1, изготовлены в трех исполнениях – АБП1М, АБП2М, АБП3М. По своей структуре это – многовыходные АБП, имеющие в своем составе весь набор перечисленных выше устройств. Эти АБП обеспечивают бесперебойное электроснабжение потребителей, в том числе и при полном обесточивании первичных сетей.

Основное питание АБП осуществляется от двух независимых фидеров трехфазной сети переменного тока промышленной частоты напряжением 220 В, кроме этого они имеют в своем составе резервный источник электроэнергии – аккумуляторную батарею. В качестве АБ используются 24 последовательно соединенных герметичных свинцовых батарей напряжением 12 В производства фирмы «Sonnenschein», дилерские центры которой широко представлены на территории заказчика. Конструктивно модули (рис. 2 и рис. 3) выполнены

в системе «Набор-71», широко применяемой в судостроительной отрасли и имеют степень защиты IP22. Модули при помощи направляющих устанавливаются в шкаф и фиксируются невыпадающими винтами. Электрический контакт обеспечивается разъемами врубной конструкции, размещенными на задней стороне модулей. Модули-преобразователи заказа 11 356 имеют выходную мощность 150, 350, 500 Вт и укомплектованы системой контроля сопротивления изоляции выходных фидеров, выдающей предупредительный сигнал при снижении сопротивления изоляции ниже значения 2 кОм. Модули обладают возможностью параллельной работы и могут эксплуатироваться в режиме «горячего» резервирования питания особо ответственных потребителей.



Рис. 2. АБП для ВМС Индии



Рис. 3. Внешний вид модуля-преобразователя со снятой крышкой

Модуль контроля и заряда АБ выполнен с двунаправленным преобразованием энергии и осуществляет подхват при некондиционности корабельной сети. Также микропроцессорная система управления и контроля модуля контроля заряда АБ осуществляет постоянное слежение за состоянием всех батарей АБ. При достижении минимально допустимого напряжения на батарее модуль прекращает свою работу. Предварительно по цепи дистанци-

онной сигнализации потребителям выдается сигнал «Малый ресурс АБ», что позволяет им заблаговременно завершить работу без потери информации. При восстановлении первичного напряжения хотя бы в одной сети модуль осуществляет заряд АБ.



Рис. 4. Внешний вид модуля-преобразователя

АБП НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ВМФ РФ

Отличительной особенностью АБП, выполненных для российских ВМФ, по сравнению с аналогичными АБП для иностранных заказчиков, является питание от корабельной сети с более высоким номинальным напряжением – 380 В, наличие дополнительных сигналов, информирующих систему управления модуля-преобразователя о времени его работы от АБ, и большая энергоемкость АБ. Время работы от АБ лежит в пределах от 1 сек. до 30 мин. в зависимости от исполнения АБП.

Ввиду значительной разницы между величинами напряжения корабельной сети и АБ модуль контроля и заряда АБ осуществляет повышение напряжения АБ и осуществляет подхват при понижении выходного напряжения модуля-переключателя ниже, чем значение напряжения при минимально допустимом напряжении корабельной сети. Выполнение этого условия обеспечивает работу преобразовательных модулей в заданном диапазоне колебаний напряжения корабельной сети без потребления энергии от АБ. При этом преобразовательные модули, используемые в АБП, должны обеспечивать стабильность своих выходных параметров в широком диапазоне входных напряжений. В данном случае диапазон входного напряжения модулей находится в пределах от напряжения стабилизации модуля контроля заряда АБ (375 В) до максимального входного напряжения первичной сети (650 В выпрямленного значения).

Для повышения срока службы АБ, входящей в состав АБП, и исключения ее перезаряда модуль контроля и заряда АБ укомплектован датчиками напряжения аккумуляторов на основе преобразователя напряжение-частота с гальванической развязкой, относительная погрешность измерения которого со-



Рис. 5. АБП для ВМФ РФ

ставляет менее 1%. Одновременно были внесены улучшения в схемотехнические и программные решения с целью исключения режима буфера АБ при переходе АБП с питания от одной сети на другую, что также удлиняет срок службы АБ.

При разработке АБП большое внимание было уделено электромагнитной совместимости с аппаратурой корабельных систем. Соответствие требованиям группы исполнения 2.3.2 по ГОСТ В 25803–91 подтверждено испытаниями, проведенными испытательным центром средств автоматизации «НПО «Аврора».

АБП ДЛЯ СУДОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ СЕРТИФИКАЦИИ РМРС

В настоящее время для ОАО «СУП» за счет собственных резервов ведется разработка корабельных АБП для удовлетворения нужд научно-исследовательского, ледокольного флота, спасательных кораблей и других судов, подлежащих обязательной сертификации РМРС. Работы, проводимые в рамках данного ОКР, направлены, прежде всего, на снижение стоимости изделия при не только полном соответствии его требованиям РМРС, но и расширению их потребительских свойств в виде возможности параллельного соединения до 6-ти модулей-преобразователей при обеспечении устойчивой работы системы контроля сопротивления изоляции выходных цепей. Это стало возможным за счет расширения допускаемой к использованию элементной базы и возможности выбора по ставщикам электронных и других компонентов. Проведенный на предприятии анализ стоимости изделия, результаты которого отражены на рис. 6, показал преобладание затрат на электронные компоненты (32,4%) в себестоимости про-

дукции. Второй по величине является доля затрат на приобретение деталей конструкции (23,3%), все остальные затраты являются процентным отношением к первым двум.

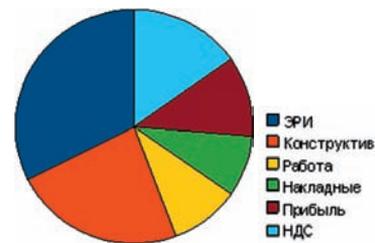


Рис. 6. Доли стоимости различных составляющих АБП в цене изделия

В целях снижения стоимости конструктива, учитывая более мягкие требования РМРС к механической прочности и защищенности модулей, АБП предполагается выполнить в конструктиве «Евромеханика», что позволит снизить стоимость конструктива примерно в 2 раза, а ожидаемое снижение стоимости изделия за счет принятия всех намеченных мер достигнет 30%. Параллельно был проведен экономический анализ принятых технических решений, показавший их высокую конкурентоспособность на рынке АБП.

ВЫВОДЫ

1. ОАО «СУП» поставляет широкую номенклатуру корабельных АБП, соответствующих требованиям ВМФ РФ и других стран.

2. Предприятие обладает высоким научно-техническим и производственным потенциалом, позволяющим вести работу по совершенствованию выпускаемой продукции для удовлетворения растущих запросов рынка.

3. Предприятие ведет целенаправленные работы по снижению себестоимости выпускаемой продукции для повышения ее конкурентоспособности и освоения новых рынков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Ю. А. Развитие аппаратно-программной платформы для реализации корабельных систем бесперебойного электропитания // Электропитание: Науч.-техн. журнал. – М., 2009. – №3 – С. 40–49.
2. Захаров И. Г., Арефьев Я. Д., Воронович Н. А., Лейкин О. Ю. Научные проблемы корабельной энергетики: Введение // www.navy.ru/science/engine
3. Атиков В. Р., Тумасянц Р. А., Бабкин В. А., Кравченко С. В. Способы организации бесперебойности в корабельных агрегатах электропитания. – Силовая электроника корабельных электротехнических комплексов: Мат-лы межотрасл. науч.-техн. семинара, Ночевкасск, 2007, с. 133–144. ■



ОАО «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИБОРЫ»

Системы автоматического управления техническими средствами для судов всех типов

Централизованное управление, контроль
и сигнализация:

- ◆ Пропульсивным комплексом
главный двигатель – винт регулируемого
(фиксированного) шага
- ◆ Электроэнергетической установкой (ЭЭУ)
- ◆ Общесудовыми системами (ОСС)
- ◆ Вспомогательными механизмами (ВМ)



Системы автоматического управления, контроля и диспетчеризации технологических процессов перегрузки и хранения различных видов сыпучих и наливных грузов в портовых терминалах

- ◆ Централизованное управление и контроль оборудованием портовых терминалов сыпучих грузов, в т.ч. транспортерами, питателями, пылеподавителями, вентиляторами, шиберами, разделителями потоков и т.д.



- ◆ Централизованное управление, контроль и коммерческий учет различных видов наливных грузов портовых терминалов в режимах:
 - прием в резервуарные парки с наливных судов, ж/д и автоцистерн;
 - отгрузка из резервуаров в наливные суда, ж/д и автоцистерны;
 - хранение в резервуарах с измерением физических параметров (температура, давление, уровень, объем, масса, плотность).

ОАО «Системы управления и приборы»

п/а: Россия, 194021, Санкт-Петербург, а/я 114

Адрес: 194156, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 94, лит. А

Тел./факс: (812) 320-23-93

suip@inbox.ru www.suip.ru

Морская активность как в сфере судостроения, так и при добыче углеводородного сырья, связана с высоким уровнем аварийности и потерь людей и материальных средств. Ежегодно на море в конце XX в. гибло свыше 2000 человек; материальные потери составляли более 3 млрд. долл. [1].

Некоторые данные по гибели судов и морских нефтегазодобывающих комплексов приведены в табл. 1 и 2.

По происхождению основные опасности для морских технических средств могут быть классифицированы как природные, техногенные и генерируемые человеком (человеческий фактор) [2].

К природным относятся следующие опасности:

- гидрометеорологические (погодно-климатические): осадки; ветры; турбулентность атмосферы; гидрологические и ледовые; электромагнитные поля (грозы и т.п.);

- геологические: сейсмотектонические смещения, обвалы; землетрясения любого генезиса; мерзлотно-геологические; размывы наземные и подземные;

О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ В ПРОЕКТНЫХ МОДЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Е.В. Любимов, канд. техн. наук, доцент СПбГМТУ,
И.Г. Пахарьков, начальник отдела ОАО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 4445726

блуждающие токи природного происхождения;

- биологические: животные; растения; микроорганизмы;

- аэрокосмические: метеоритная (астероидная) опасность; электромагнитные поля (бури), солнечный (космический) ветер;

- природные пожары и взрывы.

Опасности, генерируемые человеком (проявления так называемого человеческого фактора), могут рассматриваться как ошибки (проектные, технологические, управленческие - в том числе оператора); противоправные действия (хищения, немотивированные акты вандализма); действия психически неадекватных лиц; террористические акты.

Таблица 1

Статистические данные по гибели судов мирового гражданского флота в 1991–2004 гг. вместимостью 500 рег. т и более [3]

Причины гибели	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Итого
Непогода	59	35	46	28	29	28	21	18	21	19	20/26	21	44	31	351
Потеря остойчивости и непотоплемости	17	13	-	1	-	1	-	1	2	18	21/25	20			98
Посадка на грунт	17	12	5	6	8	12	7	16	11	20	16/20	18		14	152
Столкновения и навалы	24	19	11	12	10	15	12	14	13/15	12	13/16	12	14	13	172
Пожары и взрывы	39	37	28	22	15	19	11	13	7/8	13	11/15	23	13	14	243
Повреждение механизмов	12	4	6	5	3	2	7	5	2/3	4	4/7	2	1	2	
Исчезновение без вести	2	-	-	2	2	-	5	-	-	1	--	1			
Прочие	13	15	22	32	26	29	26	18	11/13	12	--	-	1	-	
Всего: Погибших судов, ед.	183/ 183	135/ 136	118/ 140	108/ 119	93/ 112	106/ 113	89	85	67/ 73	•/ 99	85/ 109	97/ •	91/ •	74/ •	1295
Общий тоннаж BRT, тыс. рег. т DW, тыс. т	1744 3060	1221/ 2101	641/ 1071	1237/ 2107	689/ 1177	657/ 930	761/ 1157	519/ 726	516/ 511	815/ 1312	662/ 1040/ 863 1376	808/ 1009	540/ 805	418/ 563	

Примечания:

1. Данные Лондонского института страховщиков (Institute of London Underwriters) на конец периода; в знаменателе – уточненная ILU информация (обычно уточняется в течение последующих одного–двух лет).

2. Дефвейт указан только для судов торгового флота.

3. Для 2003 и 2004 гг. объединены статистические графы «Непогода» и «Потеря остойчивости и непотоплемости», «Исчезновение без вести» и «Прочие» соответственно.

Таблица 2

Аварии морских добычных и разведочных комплексов и их последствия

Вид аварии	Последствия аварии					Всего
	гибель сооружений	серьезные и значительные	незначительные	без повреждений	ущерб неизвестен	
Опрокидывание, чрезмерный крен	55	56	7	6	2	126 (6,5%)
Затопление	38	22	2	-	1	63 (3,3%)
Пожары и взрывы	31	163	103	76	13	386 (19,9%)
Выброс	26	45	55	59	8	193 (10,0%)
Повреждение конструкций	20	93	92	6	1	212 (11,0%)
Столкновение, соприкосновение, посадка на мель	15	115	79	48	5	262 (13,5%)
При буксировке, обрыв якоря, уход с точки	15	77	47	64	3	206 (10,6%)
Отказ механизмов, авария крана и т.п.	5	82	54	31	1	173 (8,9%)
Утечка/выделение	5	48	28	56	3	140 (7,2%)
Прочие	14	60	49	48	4	175 (9,1%)
ИТОГО	224 (11,5%)	761 (39,3%)	516 (26,7%)	394 (20,4%)	41 (2,1%)	1936 (100,0%)

Под понятием «человеческий фактор» обычно понимают воздействие (чаще негативное) человека (группы людей) на системы и элементы техносферы, природные комплексы, социум. Последствия негативных проявлений человеческого фактора соответствуют результатам реализации техногенных опасностей. При этом промышленные объекты, подвергающиеся опасностям и требующие обеспечения безопасности, с одной стороны, являются источниками угроз, с другой – подвержены им.

Проявлениями техногенных опасностей являются пожары; взрывы; механические обрушения и разрушения

сооружений, конструкций, устройств; разливы нефтепродуктов, других опасных веществ; выбросы в атмосферу; утечки электричества; световые импульсы; электромагнитные импульсы; жесткое (радиационное) излучение; затопление плавсредств, создание препятствий судоходству; инженерно-геологические; падение летательного аппарата; биологические.

Почти до конца прошлого века аварийность и основные потери на море были связаны прежде всего с природными условиями, неподготовленностью и халатностью персонала, форс-мажорными обстоятельствами и тому подобными причинами. Однако рост проявлений терроризма и других противоправных действий в мире вообще и на море в частности, особенно в условиях глобального экономического кризиса, может привести не только к увеличению количества, судов, захватываемых пиратами в районах Африканского Рога, островов и побережья Юго-Восточной Азии, западного и восточного побережий экваториальной Африки, но и к попыткам захвата морских технических средств с целью политического или экономического давления, получения выкупа, рэкета, незаконной смены владельца или целенаправленного уничтожения морских технических средств. Примеры уже имеются: захват морской нефтедобывающей платформы повстанцами в Нигерии, террористические атаки на нефтедобывающие установки у побережья Ирака и на французский танкер водоизмещением 156 тыс. т недалеко от Йемена.

Учитывая тенденции увеличения морской добычи углеводородного сырья (следовательно, увеличение количества нефтегазовых терминалов, добывающих установок, газо- и нефтепроводов, танкеров и т.п. средств), а также вероятное включение в морскую инфраструктуру плавучих ядерных энергетических установок (атомных электростанций, опреснительных установок и т.п.) следует ожидать рост напряженности в обеспечении безопасности на море, причем трудно будет разделить роль систем обеспечения промышленной безопасности и физической защиты (охраны).

Парциальные риски аварий (пожары и взрывы, гидрометеорологические, навалы и столкновения и т.п.) и катастроф на отдельных морских технических средствах (соответственно добывающих установок, терминалов, трубопроводов, ЯЭУ) можно представить в виде

$$r_y = f_1(W_i; Q; N_y; T_y; S_y; U_y; X_{y...}); \quad (1)$$

$$r_t = f_2(W_i; q; N_t; T_t; S_t; U_t; X_{t...}); \quad (2)$$

$$r_{tr} = f_3(W_i; G; L; T_{tr}; S_{tr}; U_{tr}; X_{tr...}); \quad (3)$$

$$r_{язу} = f_4(W_i; P; N_{язу}; T_{язу}; S_{язу}; U_{язу}; X_{язу...}); \quad (4)$$

где W_i – физико-географические условия местоположения установки

или трубопровода (метеорологические, гидрологические, геологические); Q – дебет установки; q – объем (масса) нефтепродуктов или газа, хранимых на терминале; G – объем (масса) перекачиваемых за единицу времени углеводородного сырья; P – мощность ЯЭУ; $N_y, N_t, N_{язу}$ – количество персонала на соответствующем объекте; L – длина трубопровода; $T_y, T_t, T_{tr}, T_{язу}$ – системы физической защиты (количество и оснащенность охраны, наличие и качества систем охранной сигнализации, противодиверсионных и прочих; $S_y, S_t, S_{tr}, S_{язу}$ – качества систем обеспечения промышленной безопасности; $U_y, U_t, U_{tr}, U_{язу}$ – привлекательность объекта для организованных преступных групп (ОПГ); $X_y, X_t, X_{tr}, X_{язу}$ – подготовленность и оснащенность техническая и вооружением ОПГ.

Рассмотрим более детально, что входит в состав некоторых предложенных комплексных факторов. Например, в U_1 (привлекательность объекта для ОПГ) могут входить значимость объекта морской инфраструктуры для экономики $Z_{эк}$ (это может быть стоимость объекта, прибыль от его эксплуатации или экспортный коэффициент) и экологии (безопасности природы) $Z_{эл}$ (например, вероятный ущерб, нанесенный природе), величина предполагаемого выкупа Y_v или незаконно приобретенного капитала Y_k и т.п.

Из табл. 1 и 2 видно, что наиболее часто на любых морских технических средствах и судах (так же, как, впрочем, и на береговых промышленных объектах добычи, хранения, переработки и транспортировки нефти) происходят пожары и взрывы.

В состав комплексного фактора X_1 (качество систем обеспечения промышленной безопасности) – на примере пожарной безопасности – должны входить такие параметры систем и средств пожаротушения, как время реагирования τ_p , достоверность реакции v_p , помехозащищенность π_p , стоимость C_p систем пожарной сигнализации; производительность g_p , продолжительность действия τ_p , стоимость C_t систем пожаротушения, а также комплексный параметр, отражающий эффективность систем пожаротушения.

На уровень пожарной защищенности влияют такие физические поля, как радиационные, электрические, тепловые (положительные и отрицательные температуры), причем не обязательно высокой интенсивности. Достаточно не очень высокой напряженности этих полей, чтобы они могли довольно существенно негативно повлиять, например, на качество изоляции и проводимости электрических кабелей, тепловой изоляции некоторых видов, работоспособность датчиков

систем пожарной сигнализации и т.п. Существенное влияние на различные технические системы могут оказывать акустические поля, под воздействием которых происходят замыкания или нарушения электрических контактов, произвольная отдача резьбовых соединений, разрушение различных покрытий и изоляционных материалов и т.п.

Необходимо отметить угрозы, связанные с воздействием магнитных и электромагнитных полей. Сбои в работе электронных систем под воздействием магнитных и электромагнитных полей вследствие естественных электрических разрядов регистрируются в течение многих десятилетий [4].

В настоящее время действуют многочисленные техногенные источники электромагнитного поля, к которым следует отнести не только экстремальные явления типа ядерных взрывов, но и работу мощных радио-, теле- и радиолокационных станций. Мощность импульса последних достигает 1000 и более МВт при частоте до 300 МГц при длительности импульса от долей до микросекунд. Воздействие радио- и телестанций пространственно более ограничено, но их напряженность – более 200 В·м⁻¹, а плотность мощности – свыше 10² Вт·м⁻² [2].

Воздействие электромагнитных полей и космических лучей приводит к появлению дополнительного напряжения в проводниках, проходящих в атмосфере, земле и воде. Это воздействие может привести как к прямому повышению температуры проводника и к пожару, так и к потере контроля над системами управления, которые наиболее подвержены воздействию изменения напряжения, а из них – электронные полупроводниковые и интегральные схемы.

Для ОПГ вполне возможно применение как традиционных средств террора (мины, термитные и другие средства поджога, обстрелы из орудий и гранатометов, вывод из строя систем автоматической пожарной сигнализации и т.п.), так и нетрадиционных диверсионных средств (локальных источников тепла, ионизационного излучения, вибраторов, тепловых источников для нарушения целостности электроизоляции, дистанционно действующих источников энергии типа квантовых генераторов и др.).

С целью предотвращения и локализации ущерба требуется не только развивать системы физической защиты объектов морской техники для раннего обнаружения и последующего отражения нападающих, проведения контрразведывательных действий по выявлению агентов и пособников ОПГ среди персонала и экипажа, а также принять меры по изменению внешней и полевой конфигурации объекта (например, дымовой

завесой, изменением теплового, радиационного, других полей.

Необходимо реализовывать проектно-конструктивные решения, повышающие противопожарную устойчивость средств океанотехники:

- повысить уровень конструктивной противопожарной защиты с А-60 до А-90 или даже до А-120 (т.е. довести ее огнестойкость до 120 мин.);
- выполнять противопожарные системы, в основном в варианте модульного построения, предназначенном для действия в ограниченных объемах, а также дублировать системы пожаротушения для наиболее значимых помещений и объемов;
- шире применять системы предупреждения пожара, основанные на сов-

местном применении некоторых конструктивных решений и систем тонкораспыленной воды и высокократной пены;

- принимать меры по флегматизации и нейтрализации пожаровзрывоопасных помещений, объемов, зон;
- повышать помехозащищенность электронных систем (прежде всего обеспечивающих безопасность) и проводников, обеспечивать их высокоэффективную защиту от воздействия электромагнитных и магнитных полей любого происхождения;
- исключать применение горючих материалов обшивки и оборудования помещений в зонах, имеющих наружные стенки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любимов Е.В. Проектное обеспечение пожарной безопасности судов // Судостроение. – 2007. – №4. – С. 20–24.
2. Калиберда И.В. Оценка внешних воздействий природного и техногенного происхождения. М.: Логос, 2002
3. Shipping Statistics and Market Review 2000, vol.44, №8/9, p. 47; 2001, vol.46, №8/9, p. 47; 2003, vol.47, №8/9, p. 37–46; 2005, vol.49, №8/9, p. 36–48.
4. Язев С.Я. Мифы минувшего века. – Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2003. ■

Рецензент:

В.Н. Разуваев, д-р техн. наук, проф.

В настоящее время одним из основных источников тепловой и электрической энергии является каменный уголь, потребление которого в последнее десятилетие увеличивается, что влечет за собой рост его добычи, транспортировки и переработки, прежде всего восточных месторождений России, главным достоинством, которых является низкая себестоимость, главным недостатком – склонность к самовозгоранию [1].

Значительный объем переевозок угля как при экспортных операциях, так и внутри страны, осуществляются водным транспортом, причем перевозки морским транспортом составляют 8,8 млрд. т на 1 км, речным – 2,2 млрд. т на 1 км.

В то же время высокая пожарная опасность углей, прежде всего склонность к самовозгоранию, не позволяет складировать и транспортировать его навалом. Статистические данные [10] показывают, что количество пожаров на судах как в порту, так и в море, от самовозгорания и нагретых поверхностей достаточно существенно, причем статистика носит стабильный характер и существенно не меняется со временем (табл. 1).

В 1995 – 2005 гг. из-за самовозгорания веществ и материалов про исходи-

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ САМОВОЗГОРАНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕЙ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

С.А. Турсеев, адъюнкт Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы, контакт. тел. (812) 3690012

ло 1–2 тыс. пожаров за год, в которых погибало от 5 до 12 человек, при этом всего на производстве в России в результате пожаров безвозвратные потери составляют около 600 чел. в год [3]. На транспорте от самовозгорания происходит ежегодно от 42 до 127 пожаров, в том числе около половины – на водном транспорте, что связано, по-видимому, прежде всего с повышенной влажностью груза при водных перевозках. В течение 1990 – 2005 гг. самовозгорание стало причиной 22 крупных (с существенным материальным ущербом) пожаров.

Угли по своему химическому составу, а также по внешнему строению, свойствам, пожарной опасности весьма разнообразны, что затрудняет их изучение и безопасное применение. Уже давно делались попытки в зависимости от свойств углей ввести ту или иную их классификацию по пожарной опасности, однако до сих пор единой общепризнанной классификации не разработано, что вызывает определенные затруднения при пользовании этим видом топлива в части, прежде всего, хранения и перевозки. Одной из основных причин, затрудняющей изучение пожарной опасности углей, в первую очередь прогноза условий самовозгорания является энергетическая неоднородность поверхности.

К настоящему времени имеются четыре основных подхода к количественному определению условий самопроизвольного возникновения горения (самовозгорания, самовоспламенения, самопроизвольного взрыва).

Первый подход был разработан еще Н. Н. Семеновым, положившим начало физике горения и взрыва [5]. Н. Н. Се-

Таблица 1
Распределение основных причин пожаров по месту нахождения судна, проценты

Причина пожара	Местонахождение судна	
	порт	море
Небрежное обращение с огнем при курении	31	20,4
Искры при ведении сварочных работ	21,5	–
Нагретые поверхности	10,9	30,1
Самовозгорание	10,9	23,7
Неисправное электрооборудование	10,6	7,5
Другие причины	15,1	18,3

нов принял источники тепловыделения аррениусовскими, а теплоотвод – ньютоновским. Во всей реагирующей массе температура одна и та же (рис. 2).

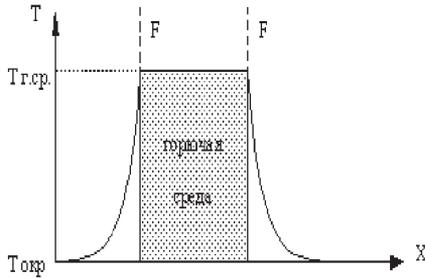


Рис. 2. Температурное поле в модели Семёнова

Величина разогрева реагирующей массы определяется, главным образом, значениями кинетических параметров: энергии активации E и предэкспоненциальным множителем C , а также отношением внешней поверхности F скопления горючей среды к ее объему V .

Условия теплового самовоспламенения описываются неравенством

$$\frac{E}{RT_B^2} \frac{QZ}{c_p \rho} \cdot \exp\left\{\frac{-E}{RT_B}\right\} \geq \frac{\alpha F}{c_p \rho V},$$

где Q – тепловой эффект реакции, Дж·моль⁻¹; Z – предэкспоненциальный множитель объемной скорости реакции, моль·м⁻³·с⁻¹; c_p – удельная теплоемкость, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; ρ – плотность материала, кг·м⁻³; α – коэффициент теплоотдачи, Вт·м⁻²·К⁻¹; F – площадь поверхности, м²; V – объем скопления материала, м³; T_B и T_0 – критические для самовосгорания (самовоспламенения) температуры вещества (горючей смеси) и окружающей среды, К.

При этом предэкспоненциальный множитель представляет собой выражение $C = Q \cdot Z / c_p$.

Вследствие линейности теплоотвода, критические температуры вещества T_B и окружающей среды T_0 связаны соотношением Тодеса [8]:

$$T_0 = T_B - \frac{RT_B^2}{E} \quad (1)$$

Для наглядности критические условия теплового самовоспламенения Н. Н. Семёнов представил диаграммой, получившей его имя (рис. 3)

Второе направление было выработано во Всесоюзном научно-исследовательском институте противопожарной обороны МВД (ныне ФГУ ВНИИПО МЧС России) [6]. Научные сотрудники этого института эмпирически нашли зависимость критической температуры теплового самовосгорания T_0 твердых материалов от отношения внешней поверхности скопления самонагревающейся массы F к ее объему V в виде

$$t_{кр} = A_p \cdot \left(\frac{F}{V}\right)^{n_p} \quad (2)$$

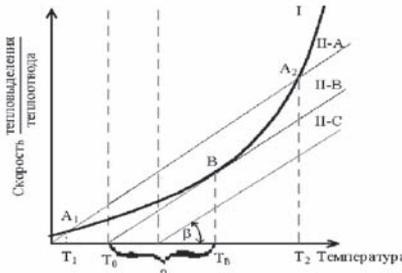


Рис. 3. Диаграмма Н.Н. Семёнова
I – кривая скорости тепловыделения;
II-A, II-B, II-C – прямые скоростей теплоотвода; T_B – критическая температура самовосгорания, соответствующая температуре наиболее нагретого элемента реагирующей массы; T_0 – критическая температура окружающей среды

В эмпирической формуле ВНИИПО энергию активации E и предэкспоненциальный множитель C заменяют коэффициенты A_p и n_p .

Общий недостаток подхода Семёнова и ВНИИПО к определению условий теплового самовосгорания и самовоспламенения состоит в том, что в них не учитывается неравномерность нагрева реагирующей массы горючей среды. Свои решения для этой задачи предложили Д.А. Франк-Каменецкий [7] и Я. С. Киселев [8].

Сложность аналитического решения задачи самопроизвольного возникновения горения при неравномерном температурном поле реагирующей массы скопления состоит в том, что строгое решение возможно только в том случае, если бы удалось проинтегрировать экспоненту Аррениуса по объему реагирующей массы. Однако это невозможно, так как экспонента Аррениуса не имеет первообразной. Д. А. Франк-Каменецким предложил показатель экспоненты аппроксимировать рядом вида [7]

$$e^{-E/(RT)} \approx e^{-E/(RT_0)} \cdot e^{\theta},$$

$$\text{где} \quad \theta = \frac{E}{RT_0^2} \cdot \Delta T.$$

В результате аналитического решения стационарной задачи теплового самовоспламенения критические условия определились неравенством

$$\frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot \frac{Q \cdot Z}{\lambda} \cdot R_x^2 \cdot e^{-E/RT_0} \geq \delta_{кр}, \quad (3)$$

где $\delta_{кр}$ – критерий Франк-Каменецкого, Q – тепловой эффект реакции, Дж·моль⁻¹, Z – предэкспонент объемной скорости реакции, моль·м⁻³·с⁻¹ – коэффициент теплопроводности, R_x – определяющий размер скопления горючей среды, м.

Критерий $\delta_{кр}$ зависит от формы скопления самонагревающегося материала, например, от формы реакционно го сосуда, в котором находится горячая смесь; от параметра $\beta = E/R \cdot T_0$, харак-

теризующего температурную крутизну кривой тепловыделения, и от критерия

$$\text{Био} \left(\text{Bi} = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot R_x \right).$$

Я.С. Киселевым в работе [8] получено универсальное критериальное выражение, позволяющее определять значение $\delta_{кр}$ для скоплений различной конфигурации с помощью уравнения

$$\delta_{кр} = \text{Bi} \cdot \psi \cdot \text{Se} \cdot i,$$

где Bi – критерий Био; ψ – критерий неравномерности нагрева; Se – критерий Семёнова; i – критерий формы.

Достоинство метода Франк-Каменецкого состоит в том, что он позволяет аналитически и численно рассчитывать профиль температурного поля тел с внутренними источниками теплоты (при стационарном температурном поле) [7]. Однако метод Франк-Каменецкого чрезвычайно сложен математически.

Это обстоятельство побудило Я.С. Киселева искать новый подход к решению задачи теплового самовосгорания и самовоспламенения, в котором сохранялись бы простота и изящность модели Семёнова, но учитывалась бы неравномерность температурного поля реагирующей массы. Такое решение было найдено. В нем скорость тепловыделения объемом реагирующей массы горючей среды находится не суммированием скоростей тепловыделения всеми элементами скопления, а суммированием тепловых потоков от самонагревающейся массы к поверхности, ограждающей горючую среду.

В результате аналитического решения этой задачи получена более общая зависимость, описывающая критические условия теплового самовосгорания (самовоспламенения), из которой формулы Франк-Каменецкого, Мержанова с Барзыкиным и Семёнова вытекают как частные случаи. Покажем это. Формулу Франк-Каменецкого (3)

$$\frac{E}{RT_0^2} \frac{QZ}{\lambda} \cdot R_x^2 \exp\left\{\frac{-E}{RT_0}\right\} = \delta_*,$$

преобразуем следующим образом:

$$\frac{E \cdot Q \cdot Z}{R \cdot T_0^2 \cdot c_p \cdot \rho} \cdot e^{-E/RT_0} = \frac{\delta_* \cdot \lambda}{c_p \cdot \rho \cdot R_x^2} \quad (4)$$

Сравним полученную формулу (4) с формулой, полученной Я.С. Киселевым [8]

$$\frac{E}{RT_0^2} \cdot \frac{QZ}{c_p \cdot \rho} \cdot \exp\left\{\frac{-E}{RT_0}\right\} = \frac{\Psi \alpha F}{\tilde{e} c_p \rho V}, \quad (5)$$

где \tilde{e} – отношение производных скоростей тепловыделения по температуре при температурах T_B и T_0 .

Приближенно число \tilde{e} равно основанию натуральных логарифмов. Ввиду тождественности левых частей нашей (5) и преобразованной Франк-

Каменецкого (4) формул, приравняем правые части:

$$\frac{\psi \alpha F}{\tilde{c}_p \rho V} = \frac{\delta_* \lambda}{c_p \rho R_x^2},$$

Введем общеизвестные безразмерные параметры (критерии):

$$\frac{FR_x}{V} = i; \frac{\alpha R_x}{\lambda} = Bi,$$

где i – критерий формы, для неограниченных плоскости, цилиндра и тела конечной формы, соответственно равный 1, 2 и 3; Bi – критерий Био.

Обратную величину $1/\tilde{e}$, согласно [5], назовем критерием Семенова:

$$1/\tilde{e} = Se.$$

Тогда δ_* запишется через критерии Bi , ψ , Se и i следующим образом:

$$\delta_* = Bi \psi Se i \quad (6)$$

или $\delta_* = n_\infty M Se i$, (7)

где M – критерий тепловой инерции.

Из полученного уравнения в форме (6) или (7) видно, что критерий Франк-Каменецкого δ_* можно представить произведением из критериев Bi , ψ , тепловой инерции M , Семенова Se и формы i , а также относительного градиента n_∞ .

Аналогично, аппроксимируя экспоненту степенной функцией и принимая теплоотвод линейным относительно разности температур наиболее нагретого элемента горючей и окружающей сред, получена степенная зависимость, из которой эмпирическая формула ВНИИПО (1) вытекает как частный случай.

Напомним, что Я. С. Киселевым сначала эмпирически была получена степенная формула в виде

$$T_o = A \cdot \Pi_o^n \quad (8)$$

Раскроем параметр охлаждения Π_o :

$$\Pi_o = \frac{\psi \alpha F}{c_p \rho V}, \quad (9)$$

где ψ – критерий неравномерности нагрева; α – коэффициент теплоотдачи, Вт·м²·К⁻¹; F – внешняя поверхность скопления материала, м²; c_p – удельная

теплоемкость материала, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; ρ – плотность, кг·м⁻³; V – объем скопления, м³.

Примем $(\psi \alpha)/(c_p \rho) = \text{const}$. Тогда

$$T_o = A \cdot \Pi_o^n = A \cdot \left(\frac{\psi \alpha}{c_p \rho} \right)^n \cdot \left(\frac{F}{V} \right)^n.$$

Обозначая $A((\psi \alpha)^n / (c_p \rho)^n) = A_p$, получаем

$$T_o = A_p \left(\frac{F}{V} \right)^n.$$

Таким образом, получена в явном виде зависимость критической температуры теплового самовозгорания T_o от темпа (параметра) охлаждения и удельной поверхности скопления горючей среды в виде степенных формул, последняя из которых во ВНИИПО была найдена экспериментально.

Отметим, что общим итогом всех подходов является то, что критические температуры теплового самовозгорания и самовоспламенения не являются величинами постоянными, а зависят от размеров скоплений горючих сред.

Для повышения пожаробезопасности судов, перевозящих уголь, необходимо выполнять расчеты по одной из рассмотренных методик, предварительно проведя ограниченный круг исследований на определение наиболее подходящей теории с учетом высокой влажности угля, что способствует его самовозгоранию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бутузова Л.Ф., Турчанина О.Н., Збыковский Е.И., Бутузов Г.Н.* Статистические характеристики состава и свойств низкотемпературных углей Донбасса разных генетических типов // Углехимический журнал. – 2003. – №3–4. – С. 7–12
2. *Киселев Я.С.* Распределение в твердых самонагревающихся материалах

валентных электронов по уровням энергии: Монография. – СПб.: СПб. университет МВД России, 2000. – 61с.

3. *Корольченко И.А.* Тепловое самовозгорание насыпей и отложений твердых дисперсных материалов: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук: (05.26.03.) / ФГУ ВНИИПО МЧС России – М., 2007. – 41 с.
4. *Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Демелин Ф.В.* Физические модели горения в системе пожарной безопасности: Монография / Под общей ред. В.С. Артамонова. – СПб.: СПб. университет государственной противопожарной службы МЧС России, 2009. – 339 с.
5. *Семенов Н.Н.* Тепловая теория горения и взрывов // Усп. физ. наук, 1940.–Т. 23.– Вып. 3.
6. *Баратов А.Н.* Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 364 с.
7. *Франк-Каменецкий Д.А.* Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1967. – 491 с.
8. *Киселев Я.С.* Исследование закономерностей самовозгорания сухих молочных продуктов: Дисс. канд. тех. наук. – Омск, 1968. – 281с.
9. *Барзыкин В.В., Мержанов А.Г.* Исследование теплового взрыва конденсированных систем в условиях слабого теплообмена с окружающей средой // Журн. физ. химии. – 1964. – Т. 38. – № 11. – С. 2640–2646.
10. Борьба с пожарами на судах: Том 1: Пожарная опасность на судах // Под ред. М.Г. Ставицкого – Л.: Судостроение, 1976, с. 136. ■

Рецензент:

Е.В. Любимов, канд. техн. наук, доцент

Надежность и долговечность работы судового энергетического оборудования в существенной мере зависит от уровней вибрации машин механизмов и систем. Суда отечественного производства имеют хорошие мореходные и эргономические показатели, но уступают зарубежным судам по уровням шума и вибрации [1].

На этапах постройки и сдачи судов измеряются их виброакустические характеристики, которые доводятся до требуемых значений, предъявляемых к данным объектам. Несмотря на это, в процессе эксплуатации из-за отклонения режимов работы судовых систем, износа оборудования и других факторов уровни вибрации могут существенно возрастать, создавая тем самым аварийные ситуации. Во избежание возникновения чрезмерных вибраций, приводящих к поломке оборудования, необходим постоянный контроль за уровнем вибраций наиболее ответственных механизмов и систем. Для такого контроля традиционно используют специальные измерительные приборы – анализаторы сигналов [2]. Однако стоимость импортных анализаторов обычно велика. Поэтому вместо дорогостоящих анализаторов предлагается использовать для вибрационного мониторинга отечественные разработки на базе современных персональных компьютеров [3].

На рис. 1 показан виброанализирующий комплекс, состоящий из двух акселерометров типа 4369, предварительных усилителей типа 2626 и компьютера с установленной в нем звуковой картой. Аналоговые сигналы с выходов предварительных усилителей с напряжениями, пропорциональными виброускорениям, воспринимаемым акселерометрами, подаются на левый и правый каналы линейного стереовхода звуковой карты компьютера. АЦП звуковой карты выполняет дискретизацию аналоговых сигналов.

Применение в измерительном тракте предварительных усилителей заряда позволяет минимизировать влияние длины соединительных кабелей на общую чувствительность измеритель-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ НА СУДАХ

*С.В. Горин, д-р техн. наук,
О.В. Макарова, аспирант, «Севмашвтуз» (филиал СПбГМТУ),
В.А. Некрасов, канд. техн. наук, ОАО ПО «Севмаш»,
контакт. тел. (8184) 584582*

ного тракта и, следовательно, допускают применение длинных (до сотен метров) кабелей между акселерометрами и предварительными усилителями, что имеет существенное значение при контроле вибрации энергетического оборудования, характеризующегося повышенной опасностью [4].

Управление работой звуковой карты и математической обработкой оцифрованных данных осуществляет программа «Анализатор», разработанная в филиале СПбГМТУ «Севмашвтуз», которая обеспечивает получение и изображение осциллограмм оцифрованных сигналов; частотное преобразование по алгоритму прямого преобразования Фурье; вычисление мгновенных узкополосных, 1/3-октавных и 1/1-октавных спектров в реальном масштабе времени; линейное и экспоненциальное усреднение и изображение усредненных спектров в реальном масштабе времени; одинарное и двойное интегрирование и дифференцирование спектральных характеристик; вычисление СКЗ виброускорения (виброскорости или виброперемещения) в заданной полосе частот; запись оцифрованных данных в оперативную память компьютера и на жесткий диск для последующей дополнительной обработки; запись спектральных характеристик на жесткий диск. В качестве источника дан-

ных для обработки могут использоваться не только внешние источники, но и звуковые файлы, записанные в формате wav. Результаты спектральной и математической обработки сигналов отображаются на мониторе компьютера.

Применение двух измерительных каналов позволяет контролировать вибрацию одновременно в двух точках (например, на двух подшипниковых узлах механизма). Это намного расширяет диагностические возможности комплекса: измерение и сравнение спектров, получаемых одновременно с разных точек контролируемого механизма, вычисление взаимных спектров, амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик, и т. п.

Разнообразные возможности графического представления результатов обработки контролируемых процессов позволяют для каждой задачи формировать на экране компьютера виртуальные мониторы, изображающие спектры вибрации оборудования в удобной для анализа и наблюдения форме.

На рис. 2 в качестве примера изображен виртуальный монитор, разработанный для контроля нахождения спектров виброускорения в различных зонах, характеризующих вибрационное состояние оборудования.

Для каждого из механизмов или систем в зависимости от их ответственности устанавливаются предельно допустимые уровни вибрации и уровни оценки его вибрационного состояния. Нормальной считается работа оборудования в зеленой зоне. При попадании сигнала в желтую зону решение об остановке оборудования принимается обслуживающим персоналом. Если уровень вибрации превышает предельно допустимые уровни (красная зона), система автоматически отключит неисправное оборудование, сопроводив отключение звуковым сигналом.

Виброанализирующий комплекс используется в филиале «Севмашвтуз» в

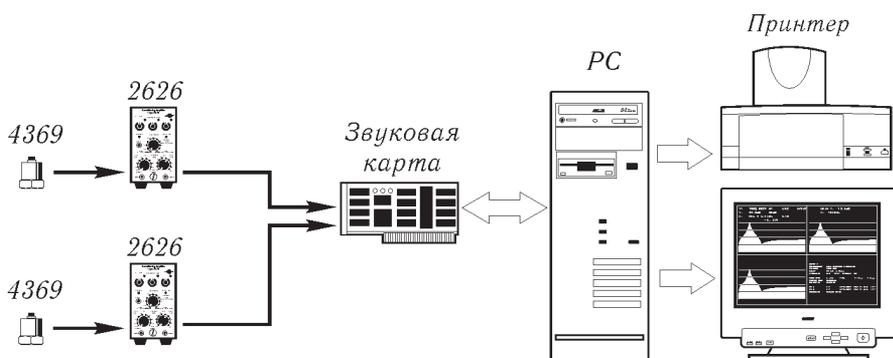


Рис. 1. Виброанализирующий комплекс на базе персонального компьютера

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

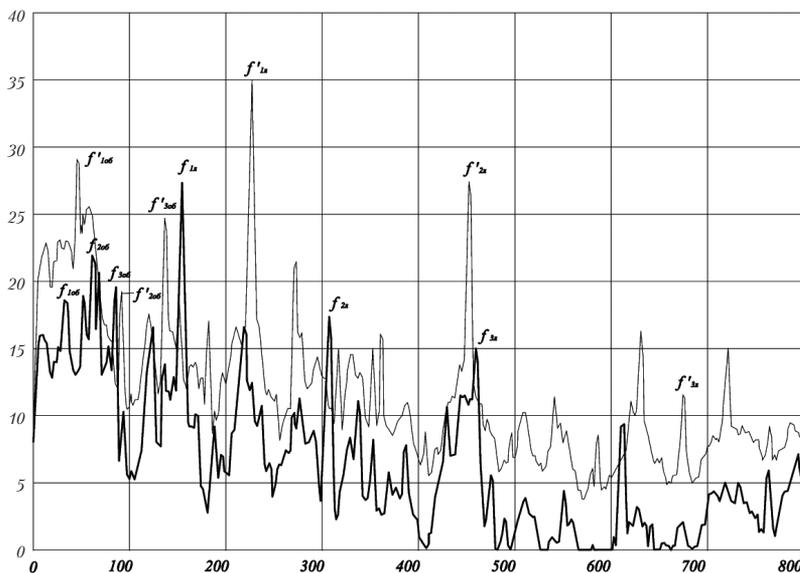


Рис. 2. Спектры виброускорения контролируемого оборудования (жирная – канал 1, тонкая – канал 2)

учебном процессе и научно-исследовательских работах по исследованию ви-

броакустических характеристик судовых механизмов и систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горин С.В., Макарова О.В. Виброакустические характеристики снабженческих судов и пути их улучшения // Судостроение. – 2006. – №6. – С. 32–34.
2. Берестовицкий Э.Г., Гладилин Ю.А., Голованов В.И., Сарафанов И.А. Снижение вибрации и шума гидравлических приборов систем управления техническими средствами. – СПб.: Астерион. – 2008. – 316 с.
3. Горин С.В., Макарова О.В., Шувалов А.А. Виброакустический измерительный комплекс на базе персонального компьютера // Вестник компьютер. и информац. технологий. – 2007. – №2. – с. 54 – 56
4. Mark Serridge, Torben R. Licht Piezoelectric Accelerometer and Vibration Preamplifier Handbook // Дания, Нерум: «Брюль и Кьер». 1987. – 151 с. ■

В ряде технологических процессов предприятий Государственного российского центра атомного судостроения (ГРЦАС) широко используется пневматическая машина роторного типа.

Данный тип машин, называемых иначе пневматическими инструментами, являются одним из эффективных средств механизации ручного труда, предназначенных для повышения его производительности. Однако их использование связано с существенным повышением вибрации и шума на рабочих местах и, что приводит к увеличению заболеваемости работающих.

С точки зрения виброакустической экологии следует выделить наиболее значимую проблему, которая стоит перед предприятиями ГРЦАС: это проблема высокой профзаболеваемости людей, работающих в условиях воздействия шума и вибрации. Показатели уровня профессиональной заболеваемости, вызванной применением данных инструментов, по структурным подразделениям ОАО ПО «Севмаш» на 2008 г. составляют:

- профессиональная тугоухость – 29%;
- вибрационная болезнь – 46%;
- заболевания костно-мышечной системы – 25%.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили определить наиболее оптимальный подход к модернизации как существующих, так и вновь создаваемых пневматических роторных машин. Суть данного подхода заключается в установке между валом и корпусом пневматического инструмента упругодемпфирующих элементов (УДЭ), удельное акустическое сопротивление которых существенно отличается от таковых корпуса, вала.

Для определения оптимального количества УДЭ были выполнены следующие расчеты.

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

С.А. Косарева, «Севмашвтуз» (филиал СПбГМТУ), г. Северодвинск, контакт. тел. (8184) 584582

1. Три УДЭ. Считая все УДЭ растянутыми, найдем модули трех сил \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 (рис. 1):

$$F_1 = F_2 = k(\delta l + \Delta),$$

где δl – удлинение первого или второго УДЭ, вызванное перемещением точки m (вала), Δ – предварительный натяг;



Рис. 1. Расположение упругодемпфирующих элементов

Это удлинение равно

$$\delta l = \sqrt{l^2 + x^2} - lx - l,$$

где l – толщина УДЭ.

По теореме косинусов получаем

$$l^2 = l^2 + x^2 - lx + x^2 + 2x\sqrt{l^2 + x^2} - lx \cos \alpha,$$

откуда

$$\cos \alpha = \frac{l - 2x}{2\sqrt{l^2 + x^2} - lx}.$$

Проекция сил F_1 и F_2 на ось x будет

$$F_{1x} = F_{2x} = k(\sqrt{l^2 + x^2} - lx - l - \Delta) \frac{l - 2x}{2\sqrt{l^2 + x^2} - lx}.$$

Проекция силы F_3 на ось x

$$F_{3x} = -k(x + \Delta).$$

В этом случае результирующая сила, действующая на точку m , будет равна

$$R_x = \sum_{k=1}^3 F_{kx}$$

Обобщенный коэффициент жесткости

$$k_x = \frac{dR_x}{dx} = 3k \left(1 - \frac{(l - \Delta)l^2}{2(l^2 + x^2 - lx)^2} \right).$$

Тогда собственные частоты колебаний

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_x}{m}}.$$

Логарифмические уровни вибрации определим по формуле

$$L = 20 \lg \left(\frac{\nu_0}{\nu} \right),$$

где $\nu = 85$ Гц – частота вращения для используемой машины.

При $\Delta = 0,005$ м, $l = 0,02$ м, $m = 2$ кг.

Таблица 1

Логарифмические уровни вибрации при трех УДЭ

Смещение точки m , м	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Собственная частота ν , Гц	30,112	29,382	28,644	27,92	27,233
Логарифмические уровни вибрации L , дБ	9,014	9,227	9,448	9,67	9,887

Аналогично получаем коэффициенты жесткости и собственные частоты колебаний для четырех, шести и восьми УДЭ.

2. Четыре УДЭ. Результирующая сила

$$R_x = \sum_{k=1}^4 F_{kx} = -2kx \left(1 - \frac{l - \Delta}{\sqrt{l^2 + x^2}} \right) - 2kx = 2kx \left(2 - \frac{l - \Delta}{\sqrt{l^2 + x^2}} \right).$$

Обобщенный коэффициент жесткости в этом случае

$$k_x = \frac{dR_x}{dx} = 2k \left(2 - \frac{l - \Delta}{\sqrt{l^2 + x^2}} + \frac{(l - \Delta)x^2}{(l^2 + x^2)\sqrt{l^2 + x^2}} \right).$$

Таблица 2

Логарифмические уровни вибрации при четырех УДЭ

Смещение точки m , м	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Собственная частота ν , Гц	35,628	35,746	35,937	36,192	36,504
Логарифмические уровни вибрации L , дБ	7,553	7,524	7,478	7,416	7,341

3. Шесть жесткостей. Результирующая сила

$$R_x = \sum_{k=1}^6 F_{kx} = -2cx - \frac{k(l + 2x)(\Delta - l + \sqrt{l^2 + x^2 + lx})}{\sqrt{l^2 + x^2 + lx}} - \frac{k(l - 2x)(\Delta - l + \sqrt{l^2 + x^2 - lx})}{\sqrt{l^2 + x^2 - lx}}$$

Обобщенный коэффициент жесткости

$$k_x = \frac{dR_x}{dx} = \frac{2k(\Delta - l + \sqrt{l^2 + lx + x^2})}{\sqrt{l^2 + lx + x^2}} + \frac{2k(\Delta - l + \sqrt{l^2 - lx + x^2})}{\sqrt{l^2 - lx + x^2}} + \frac{k(l + 2x)^2}{2(l^2 + lx + x^2)} + \frac{k(l - 2x)^2}{2(l^2 - lx + x^2)} + \frac{k(l + 2x)^2(l - \Delta + \sqrt{l^2 + lx + x^2})}{2(l^2 + lx + x^2)^2} - \frac{k(l - 2x)^2(\Delta - l + \sqrt{l^2 - lx + x^2})}{2(l^2 - lx + x^2)^2}.$$

Таблица 3

Логарифмические уровни вибрации для шести жесткостей

Смещение точки m , м	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Собственная частота ν , Гц	44,059	43,096	42,143	41,218	40,339
Логарифмические уровни вибрации L , дБ	5,708	5,9	6,094	6,287	6,474

4. Восемь жесткостей. Результирующая сила

$$R_x = \sum_{k=1}^8 F_{kx} = 2k(\sqrt{l^2 + x^2} - \sqrt{2}lx - l + \Delta) \frac{2x - \sqrt{2}l}{2\sqrt{l^2 + x^2} - \sqrt{2}lx} - 2k(\sqrt{l^2 + x^2} + \sqrt{2}lx - l + \Delta) \frac{2x + \sqrt{2}l}{2\sqrt{l^2 + x^2} + \sqrt{2}lx} - 2kx(\sqrt{l^2 + x^2} - \Delta) \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}.$$

Обобщенный коэффициент жесткости

$$k_x = \frac{dR_x}{dx} = \frac{2k(\Delta - \sqrt{l^2 + x^2})}{\sqrt{l^2 + x^2}} - \frac{k(2x + \sqrt{2}l)^2}{2(l^2 + \sqrt{2}lx + x^2)} - 2k - \frac{2k(\Delta - l + \sqrt{l^2 + \sqrt{2}lx + x^2})}{\sqrt{l^2 + \sqrt{2}lx + x^2}} + \frac{2k(\Delta - l + \sqrt{l^2 - \sqrt{2}lx + x^2})}{\sqrt{l^2 - \sqrt{2}lx + x^2}} - \frac{2kx^2}{l^2 + x^2} - \frac{2kx^2(\Delta - \sqrt{l^2 + x^2})}{(l^2 + x^2)^2} + \frac{k(2x - \sqrt{2}l)(2x - \sqrt{2}l)}{2(l^2 - \sqrt{2}lx + x^2)} + \frac{k(2x + \sqrt{2}l)^2(\Delta - l + \sqrt{l^2 + \sqrt{2}lx + x^2})}{2(l^2 + \sqrt{2}lx + x^2)^2} - \frac{k(2x - \sqrt{2}l)^2(\Delta - l + \sqrt{l^2 - \sqrt{2}lx + x^2})}{2(l^2 - \sqrt{2}lx + x^2)^2}.$$

Таблица 4

Логарифмические уровни вибрации для восьми жесткостей

Смещение точки m , м	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
Собственная частота ν , Гц	51,889	50,678	49,067	46,947	44,174
Логарифмические уровни вибрации L , дБ	4,287	4,492	4,773	5,156	5,685

С помощью предложенной методики расчета можно подобрать оптимальное количество УДЭ для выбранного инструмента, что позволит улучшить его виброакустические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горин С.В. Снижение шума и вибрационной опасности пневматических рубильных молотков // Судостроение. – 1999. – С. 42 – 43.
2. Бать М.И., Джанилидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика. – Т. 3. – М.: Наука, 1973. – 487 с. ■



- Разработка проектов морских, внутреннего и смешанного (река-море) плавания судов, в том числе нефтеналивных, сухогрузных судов, железнодорожных паромов, газозовов, природоохранных судов, барже-буксирных составов, судов технического флота, судов для обслуживания шельфа и вспомогательных судов;
- Проекты "конверсии" (строительства новых судов с использованием элементов существующих судов - доноров) и крупных модернизаций судов;
- Проекты переклассификации и обновления (реновации), изменения назначения, повышения грузоподъемности и контейнеровместимости судов;
- Прочностные и мореходные расчеты судов и морских сооружений, разработка судовой эксплуатационной документации;
- Расчетная поддержка аварийно-спасательных мероприятий (круглосуточная служба аварийной поддержки ERS);



- Экспресс - консультации и экспертные оценки по вопросам технической эксплуатации судов, проектных и предпроектных проработок;
- Научные исследования;
- Проведение опытов кренования, маневренных испытаний, экспериментальных исследований прочности и мореходных качеств.

Только за 2009 год по проектам Морского Инженерного Бюро было построено и сдано в эксплуатацию 18 новых судов и 6 после крупной модернизации. Суммарный дедвейт сданных судов составил 196 тыс. тонн.

Среди них 7 многоцелевых сухогрузных судов, 3 танкеров - продуктовозов-химовозов, 2 железнодорожных парома для Черного моря, 4 балкера, 1 быстроходное сухогрузное судно и 1 ледокольный буксир.

Одесса

www.meb.com.ua

Санкт-Петербург

ул. Тенистая, 15, г. Одесса, 65009, Украина
Тел.: +38 (0482) 347928, факс: +38 (0482) 356005
E-mail: Office@meb.com.ua

Кронверкский пр., 33, офис 18, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия
Тел.: +7 (812) 2336403, 2328538, 4980959, факс: +7 (812) 2380959
E-mail: Meb@peterlink.ru

Исследование риска эксплуатации судов – основа для совершенствования норм и правил постройки новых судов, управления технической эксплуатацией существующих судов, принятия мер по снижению числа происшествий и аварий. Исследование аварий всегда было важнейшим этапом научных исследований [14, 16].

За последние 10 – 15 лет риск-ориентированные подходы успешно применяются ИМО и классификационными обществами для выявления основных проблем торгового флота с последующей корректировкой подходов в нормах и правилах [13]. Особенный интерес для отечественной судостроительной науки представляет исследование риска эксплуатации судов ограниченных районов плавания (СОРП). Под СОРП автор понимает любые суда, имеющие те или иные ограничения по районам и сезонам плавания в морских условиях, от морских судов ограниченного района плавания I (в новой трактовке Правил РС R1) до судов река-море плавания О-ПР Российского Речного Регистра (РРР).

Данные об авариях и аварийных происшествиях с отечественными СОРП до 1990 г. публиковались мало и не подвергались систематическому анализу. В 2000 г. в статье автора [3] впервые был дан анализ риска для СОРП на основании данных с 1993 по 2000 г. (в 2002 г. материал был дополнен в статье [5]). В статьях [3, 5] использовалась формализованная классификация последствий на морском и водном транспорте, предложенная автором в работе [2] на основе «Международного кодекса проведения расследований аварий и инцидентов на море», 1997 года. В 2002 г. в публикациях [10, 11] РРР и в 2005 г. в публикации [12] РС были рассмотрены аварии судов классов РРР и РС соответственно.

В [12] отмечалось, что к 2004 г. частота кораблекрушений судов класса РС составляла примерно 1,5 на 1000 судов в год. Там же было показано, что после относительно спокойного периода 1990 – 1995 гг. с 1996 по 2001 г. наблюдался рост частоты аварий, оставшийся на достигнутом уровне с 2001 г. В XXI в. отмечается 25 – 35 аварий на 1000 судов за год, причем из них корпусных – 40 – 60%. Был сделан вывод, что существенного роста аварийности не произошло, несмотря на рост среднего возраста судов.

В 2003 г. на основании данных DNV в публикации [15] было показано, что на основании статистики за 1995 – 2000 гг. частота кораблекрушений сухогрузных судов составляла примерно 5,4, а танкеров – 1,5 на 1000 судов в год. Причем, в отличие от [12], был отмечен более высокий уровень аварийности более старых судов. В более ранней работе [14]

РИСК ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ ОГРАНИЧЕННЫХ РАЙОНОВ ПЛАВАНИЯ

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., генеральный директор ЗАО «Морское Инженерное Бюро», г. Одесса, контакт. тел. +38 (0482) 347928, +7 (812) 2328538

на основании статистики потерь 1984 – 1994 гг. был отмечен пик катастроф, приходящийся на суда возрастом 19 – 24 года, причем тенденция была одинакова для всех типов судов.

В 2008 – 2009 гг. в работах М.Д. Емельянова [7–9] также был использован формализованный подход для анализа риска морских судов; был приведен пример анализа риска для нефтерудовозов пр. 1570: частота аварий – около 28 на 1000 судов в год (в 2001 – 2003 гг. – около 51).

Целью статьи является анализ происшедших с 1991 г. (по май 2010 г.) аварий корпусов транспортных судов, имеющих ограниченный район плавания (СОРП), которые находятся под контролем постсоветских судовладельцев и составляющих де-факто основу современного отечественного торгового флота.

Согласно [2], по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно классифицированы пятью уровнями последствий (табл. 1). Формальная оценка последствий обозначается величиной C , определяемой по 5-балльной шкале.

торые часто выясняются на стадии изучения актов дефектации корпусов в ходе выполнения расчетов фактической прочности и о катастрофах ($C = 5$), которые стали доступны благодаря средствам массовой информации и вмешательству администраций портов и флагов. Случаи с промежуточными уровнями последствий, которые могли подорвать репутацию судовладельцев, последние, как правило, не обнародовали.

В табл. 2 дана предложенная в [3] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности СОРП.

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как $F_{AB} = N_1 / N_{AB}$, частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий $C = 4$ и $C = 5$ $F_{КАТ} = N_1 / N_{КАТ}$ где N_1 – число аварийных ситуаций, где имела место i -я опасность, N_{AB} – количество всех изучаемых аварий, $N_{КАТ}$ – количество катастроф.

Обращает на себя внимание, что ряд опасностей имеет $F_{КАТ} > F_{AB}$, что свидетельствует об их значительной роли в

Таблица 1
Классификация последствий аварий и аварийных ситуаций с СОРП

Уровень последствий C	Кол-во происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие на людей	Воздействие на окружающую среду	Повреждение технических средств
1 – Light Incident	153	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	137	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	60	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	31	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	60	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

Всего удалось получить сведения о 441 аварии и инциденте с СОРП, находившихся под надзором различных классификационных обществ. Суда имели ограничения по высоте волны 3%-ной обеспеченности $h_{3\%}$ от 2,0 до 8,5 м.

Обращает на себя внимание тот факт, что более или менее открыты сведения о незначительных инцидентах ($C = 1$), ко-

увеличении степени тяжести последствий событий.

Среди них водотечность (явная) непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкие к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность), опасность 2.1 – перевозка металлолома и опасность 2.3 – применение грейферов.

Идентифицированные опасности для СОРП

№	Опасность	F _{ав} %	F _{кат} %
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	83	95
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	65	58
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	36	73
1.3	Нарушение технологии при выполнении ремонтных и модернизационных работ	18	25
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса	14	21
1.5	Ошибки проектировщиков	11	15
1.6	Выход из строя главного двигателя, гребного вала, гребного винта, обесточивание	10	15
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	16	24
1.8	Не выполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	29	44
1.9	Удифферентовка для осмотра винта, баллера руля	0,4	-
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	54	100
2.1	Перевозка металлолома	20	46
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	22	18
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	27	48
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по крепление грузов»	1	1
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	91	100
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	3	7
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	13	26
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	32	31
3.4	Навигационные ошибки	54	16
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	38	11
3.6	Смена балласта в море	2	1
3.7	Ошибка прогноза	13	34
3.8	Перегруз судна	2	8
3.9	Смена судовладельца	28	63

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении ремонта (опасности 1.3 и 1.7) и надзора (опасность 1.4), а также при проектировании (опасность 1.5).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход СОРП из классических структур парохозяйств в небольшие частные компании

инициирует значительную часть других опасностей (см., например, ошибки в навигации – опасность 3.4).

СОРП в связи с их пониженным стандартом прочности имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектному росту усилий на тихой воде и на волнении (опасности 3.2, 3.3, 3.7, 3.8) отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус СОРП этих опасностей.

СОРП работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой, что повышает весомость опасности 3.5, так как она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Обобщенные данные табл. 2 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (примеры анализа приведены в табл. 3).

Таблица 3

Примеры идентификации и последствий опасностей, способствовавших катастрофам некоторых СОРП

№ п.п.	Проект, название, дата аварии, место аварии, $h_{3\%}$	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																			Описание последствий			
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6		3.7	3.8	3.9
1.	Пр. 11, Тамара, 1994, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	2	2	2	2			3	1	1											2	2	Затонуло (5).
2.	Пр. 11. Симба-2, 1995, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	2	2	2	2			3	1	1											2	2	Затонуло (5).
3.	Пр. 576, Подольск, 30.05.01, река Свирь $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	3					1	2								3	2						Удар о подводное препятствие. Затонул. Поднят. Восстановлен (4).
4.	Пр. 576, Каунас, 16.08.02, С.Петербург $[h_{3\%}] = 2,0$ м	2	2				3	1	2									3						Столкновение с опорой моста и последующее затопление (5).
5.	Пр. 576, Ковель, 11.11.07, Керченский пролив, $[h_{3\%}] = 2,0$ м	2	2					1	2	1	2	1			3			3		2				Столкновение с затопленным объектом, повреждение балластных танков 1 и 2, трюма 1 и последующее затопление после борьбы за живучесть. Экипаж спасен. Груз 1921 тонны серы (5).
6.	Пр. 576, Дудинка, 03.12.09, внешний рейд порта Ильичевск, $[h_{3\%}] = 2,0$ м	2	2						2	1	2	2	3						2			2		Перелом корпуса (4).

Примеры идентификации и последствий опасностей, способствовавших катастрофам некоторых СОПП

№ п.п.	Проект, название, дата аварии, место аварии, $h_{3\%}$	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																		Описание последствий				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5		3.6	3.7	3.8	3.9
7.	Пр. 21-88, Мария, 1994, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	3			2			2		2										3		1	Перелом в шторм с гибелью судна (5).
8.	Пр. 21-88, Елатьма, 1994, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	2						2			3	1											Затонуло после взрыва (5).
9.	Пр. 21-88, Яхрома, 1997, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	1			1	3		1								2							Посадка на мель с переломом корпуса (5).
10.	Пр. 21-88, Воскресенск, 1998, п. Севастополь, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	1		1			2				1					3	1						Выброшен на берег в шторм со списанием судна (4).
11.	Пр. 21-88, Тикси, 02.02.2000, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	2	1	1	1				3		1									3		1	Затонуло после перелома в шторм с 2000 т зерна. Погиб один член экипажа (5).
12.	Пр. 21-88, Останкино, 01.10.02, река Лена, $[h_{3\%}] = 2,0$ м	1																2	3					Столкновение с буксиром. За борт выброшено 7 человек (4).
13.	Пр. 21-88, Nasuhi (б. Кузнецк), 02.02.03, у берегов Турции, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	3		1				1	2		2											2	Затонул (5).
14.	Пр. 21-88, Нахичевань, 11.2007, Керченский пролив, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	3						2			1	2	1								3		При стоянке в Керченском проливе затонул в шторм с грузом серы. Погибла большая часть экипажа (5).
15.	Пр. 21-88, Вольногорск, 11.2007, Керченский пролив, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	3						2			1	2	1								3		При стоянке в Керченском проливе затонул в шторм с грузом серы (5).
16.	Пр. 21-88 (укороченный), Камюст-1, 11.11.07, Каспийское море, $[h_{3\%}] = 6,0$ м	1	3		1				1	2		2											2	Затонул в шторм с грузом 2186 тонн металла. Большая часть экипажа погибла (5).
17.	Пр. 21-88, Каспийск, 08.02.08, Порт Азов, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	3		1				1	2		2												Затонул (4).
18.	Пр. 1577, Волгонефть 248, 29.12.1999, Мраморное море, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	3				2																	Перелом в состоянии с грузом 4300 т мазута по шп. 160 в шторм (волнения 5 м) и гибель судна. Страховые выплаты судовладельцу составили 929 тыс. долларов США (5).
19.	Пр. 550А, Волгонефть, 138, 27.09.01, Азовское море, Таганрогский залив, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1									1			2				2	3					Получил при столкновении с сухогрузом «Лилия» пробойну размером 2х2 м в грузовых танках. Вылилось за борт около 700 т нефти (4).
20.	Пр. 550А, Волгонефть 139, 11.11.2007, Керченский пролив, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	2							2									1				3	Перелом в состоянии с грузом 4077 т мазута в шторм (волнение 5-7 м). Вылилось за борт около 1200 тонн мазута. Носовая часть затонула. Кормовая с экипажем спасена (5).
21.	Пр. 1565, Волго-Дон 5064, 04.11.1995, п. Стамбул, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1				1	2			2		1					3							Выброшен на берег в шторм и переломился (5).
22.	Пр. 507Б, Волго-Дон 30, 09.12.01, Черное море, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	2				1		3								3					2		Перелом и гибель судна при буксировке без экипажа (4).
23.	Пр. 05074М, Стрелец (б. Волжский 34), 03.02.03, $[h_{3\%}] = 3,5$ м	1	3		1	2				2		2				2	3							Перелом в шторм с гибелью судна (5).
24.	Пр. 1565, Стронций, (б. «Волго-Дон 5083»), 02.2004, п. Стамбул, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1				1	2			2		1					3							Выброшен на берег в шторм и переломился (5).
25.	Пр. 1565, Волго-Дон 5025, 04.07.2004, Черное море, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	3							2		2		1			2	2	2				2	Столкнулся с судном «Санрайс» и затонул. Следовал с грузом металла 4100 тонн (5).
26.	Пр. 1565, Сибаронесс, 01.11.2004, Константиновский шлюз, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2						3		2		1		1					3					Ударил в нижние рабочие ворота шлюза. Произошел сброс воды до полной сработки водохранилища. 18 дней простоя ВДСК (4).
27.	Пр. 1565, Майна («Роксола-на») 07.02.2006, Эгейское море, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	1	3			1	2			2		1		1			2	3						Выброшен на камни в шторм. Затонул (5).
28.	Пр. 1565, Толстой (б. Волго-Дон 5028), 27.09.2008, Черное море, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	2	2	2					3		2					3						2	Рейс с грузом металлолома. Перелом в шторм. Судно затонуло. Погиб практически весь экипаж (5).
29.	Пр. 507Б, Арас-1, 19.11.09, Сочи, $[h_{3\%}] = 2,5$ м	2	2		2					2		2					3						2	Перелом и гибель судна на рейде Сочи (5).

Все из рассмотренных 441 случаев были проанализированы (пример анализа дан в статье [4]) на основе тех данных, которые имелись в распоряжении автора, а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов и деревьев событий. Полученные автором выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

В табл. 3 по каждой опасности указан по 3-балльной шкале коэффициент относительной ответственности (весомости) в рассматриваемом случае. По результатам исследования методами теории риска каждое происшествие оценивалось баллами: 3 – опасность прямого действия, непосредственно приведшая к аварии; 2 – опасность косвенного действия, вызвавшая к жизни опасности с баллом 3; 1 – фоновые опасности, оказавшие неблагоприятное воздействие на ситуацию.

Для каждой опасности был определен обобщенный уровень риска СОРП R , который определялся как произведение вероятности возникновения опасности F на последствия воздействия указанной опасности на объект C . Условная вероятность F определялась по 5-балльной шкале: 1 – частота возникновения в 0–20% аварийных случаях, 2 – 21–40%, 3 – 41–60%, 4 – 61–80%, 5 – 81–100%.

В табл. 4 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.

На основе данных табл. 4 были построены матрицы риска СОРП: для всех

аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье (рис. 1) и для катастроф (рис. 2).

Анализ рис. 1 и 2 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

– наибольшую опасность для СОРП представляет опасность 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций), существующий уровень риска по данной опасности относится к «недопустимому»;

– опасности 1.8 (степень соответствия МК-66, состояние и конструкция люковых закрытий, комингсов дверей, вентиляторов и прочих отверстий в непроницаемой корпусе), 2.1 (перевозка металлолома), 2.3 (применение грейферов) имеет достаточно высокий формальный уровень риска как по частоте, так и по последствиям, который находится в так называемой зоне «ALARP», т.е. в пределах минимально допустимого практически уровня риска;

– опасности 3.2 (нарушение ограничений), 3.3 (посадки на мель) и 3.7 (ошибка прогнозов) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

– опасности 1.1 (несоответствие технологий речного судостроения), 3.9 (смена судовладельца) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения;

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 3], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого», должны быть подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий) при

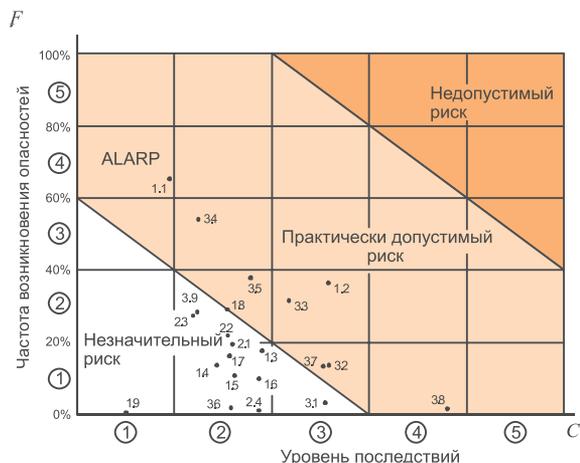


Рис. 1. Матрица риска СОРП (для всех исследованных аварий)

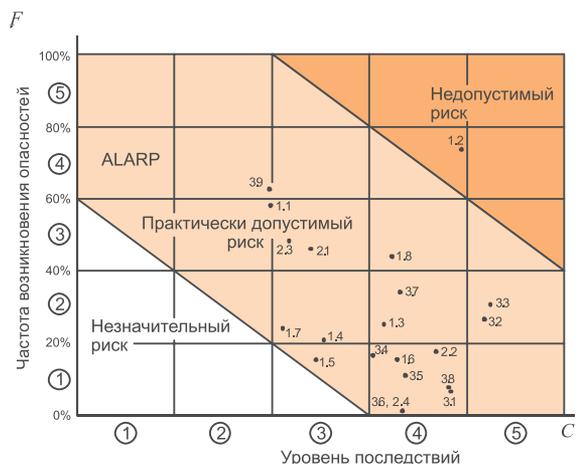


Рис. 2. Матрица риска СОРП (для катастроф)

Формальная оценка риска СОРП

Таблица 4

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	F	C	R	F	C	R
1.1	3.27	0.95	3.12	2.91	1.98	5.77
1.2	1.81	2.59	4.69	3.68	3.95	14.52
1.3	0.88	1.91	1.69	1.26	3.14	3.97
1.4	0.68	1.44	0.98	1.04	2.53	2.64
1.5	0.53	1.62	0.86	0.77	2.45	1.89
1.6	0.49	1.88	0.91	0.77	3.29	2.53
1.7	0.80	1.57	1.26	1.21	2.11	2.55
1.8	1.45	1.53	2.23	2.20	3.22	7.07
1.9	0.02	0.50	0.01			
2.1	0.98	1.60	1.56	2.31	2.40	5.53
2.2	1.09	1.55	1.69	0.88	3.69	3.24
2.3	1.37	1.19	1.63	2.42	2.17	5.26
2.4	0.06	1.87	0.11	0.05	3.33	0.18
3.1	0.16	2.55	0.40	0.33	3.83	1.26
3.2	0.67	2.59	1.73	1.32	4.18	5.51
3.3	1.58	2.18	3.44	1.54	4.24	6.52
3.4	2.70	1.23	3.33	0.82	3.02	2.49
3.5	1.88	1.79	3.36	0.55	3.37	1.85
3.6	0.09	1.58	0.14	0.05	3.33	0.18
3.7	0.66	2.53	1.67	1.70	3.31	5.64
3.8	0.08	3.81	0.30	0.38	3.81	1.47
3.9	1.42	1.23	1.75	3.13	1.97	6.17

любом уровне затрат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа, с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском СОПП при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-технических мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (см. рис. 3) и распределение по годам (см. рис. 4).

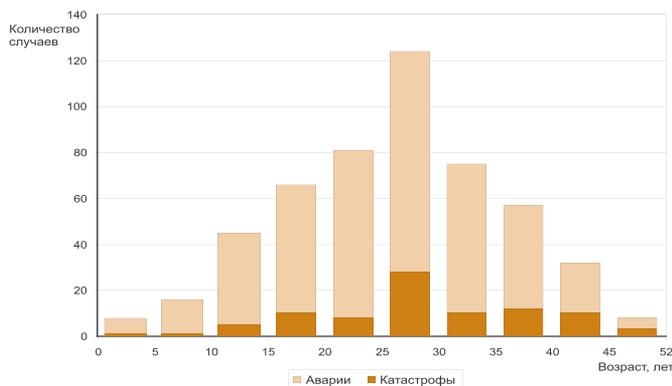


Рис. 3. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

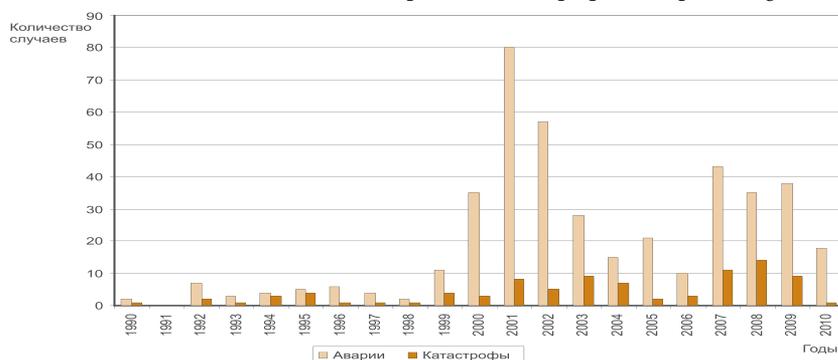


Рис. 4. Распределение количества аварий и катастроф по годам

На рис. 3 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 10 лет с пиком катастроф для судов с возрастом 25-30 лет. Значительная часть аварий происходит с судами старше 20 лет.

Рис. 4 позволяет отметить кардинальный рост количества аварийных случаев в 2000 и последующих годах. Если в 1992 – 1999 гг. отмечалось одна – четыре катастрофы с СОПП, то в 2000 – 2009 гг. эта цифра возросла до пяти – четырнадцати в год (при общем числе происшествий до 80 в год.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая, что общее количество находившихся ежегодно в эксплуатации СОПП, составляло около 1000, частота кораблекрушений с СОПП за 1991 – 2009 гг. достигло примерно 5 на 1000 судов в год, что соответствует среднемировому уровню. Данная оценка может быть признана достаточна достоверной, так

как случаи с уровнем последствий $C = 4$ и $C = 5$ скрыть крайне сложно. При этом та же величина для 2001 – 2009 гг. составила уже 8,6 катастроф на 1000 судов в год.

Ежегодная вероятность аварий и аварийных происшествий с СОПП за 1991 – 2009 гг. составляет грубо 24,5 случая на 1000 судов в год. Однако имеющиеся в распоряжении автора данные о случаях с уровнями последствий $C = 1$, $C = 2$ и $C = 3$ нельзя признать полными. Фактически данная величина должна быть существенно выше, возможно в пределах 50 – 60 случаев на 1000 судов в год.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безо-

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

2. *Он же*. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов // Автоматизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – 2000. – Вып. 5, Одесса: ОГМА., – С. 36–53.
3. *Он же*. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // 3б. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ. – 2000. – №5. – С. 49–59.
4. *Он же*. О причинах переломов корпусов судов // Проблемы техники. – 2002. – №2. – С. 3-15.
5. *Он же*. Анализ аварий корпусов судов ограниченных районов плавания // Проблемы техники. – 2002. – №3. – С. 3–25.
6. *Он же*. Суда смешанного река-море плавания: перспективы существующего флота // 3б. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – №3 (420). – С. 3–12.
7. *Емельянов М.Д.* Критические элементы морских судов // Судостроение. – №6. – 2008. – С. 16–22.
8. *Емельянов М.Д.* Оценка риска и критические элементы морских судов // Проблемы развития морского флота: Сб. научных трудов. – СПб.: Изд. ЦНИИМФ. – 2009. – С. 20–41.
9. *Он же*. Применение условных рисков для оценки безопасности морских судов // Транспорт Российской Федерации. – 2009. – №3–4 (22 – 23). – С. 40–45.
10. Обзор повреждений судов и их элементов за 1991 – 2001 гг. // Российский Речной Регистр, М., 2002., 96 с.
11. *Преснов С.В.* Аварийность судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания в морских районах в 2002 г. // Наука и техника на речном транспорте: информационный сборник. – М.: Изд. ЦБНТИ МТ РФ, 2003. – С. 22–31.
12. *Шурняк В.К., Сергеев А.А.* Анализ аварийности на судах с классом Регистра // Научно-технический сборник. / СПб.: Российский Морской Регистр судоходства/– 2005. – Вып. 28. – С. 32–46.
13. Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process. MSC/Circ. 1023 - MERC/Circ. 392. – 14.05.2007.
14. *Curry R.* Merchant ship losses 1934-1993: an overview // RINA Transaction. – London, RINA, 1995. – P. 1–50.
15. General Cargo ships – danger overlooked? // The Naval Architect. 2003. – February. – P. 30–32.
16. *Manley C.V.* Merchant ship losses – a general review // RINA Transaction. – London, RINA, 1965. – P. 539–548.
17. *Papanikolaou A., Eliopoulou E.* Environmental safety of crude oil tanker // Proc. of 13th Congress of IMAM. – Istanbul, Turkey, 2009. – P. 1129–1138. ■

пасности СОПП при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла СОПП, включая этапы классификации и требований правил проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации. Необходим индивидуальный подход к существующим судам ограниченного района плавания, учитывающий условия эксплуатации, перевозимые грузы, средства погрузки-выгрузки, габаритные ограничения водных путей и портов, ледовую обстановку.

Кардинальное долговременное решение проблемы требует строительства нового флота СОПП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Егоров Г.В.* Проектирование судов ограниченных районов плавания на

В настоящее время экологическое состояние морской среды определяется как ее «нормативным» загрязнением при эксплуатации объектов морской техники, а также производственной и коммунально-бытовой инфраструктуры прибрежных районов суши (в пределах устанавливаемых государством допустимых норм антропогенного воздействия), так и мощными спонтанными нарушениями экологического равновесия, обусловленными возникновением **аварийных ситуаций** (АС) на таких объектах [1]. Негативные явления первого рода сравнительно невелики и предсказуемы, но носят «хронический» (непрерывный) характер, источники их обычно рассредоточены в прибрежных морских районах. Например, по некоторым оценкам,

«нормативные» потери сырой нефти за счет утечек при добыче, промежуточном хранении, погрузках-разгрузках и других операциях достигают до 1 т на каждую 1000 т добытого углеводородного сырья (УВС) [1]. Возникающие при эксплуатации морской техники локальные антропогенные загрязнения постепенно перераспределяются в морской среде, создавая ее «фоновое» антропогенное загрязнение. В последние десятилетия наблюдается опасная тенденция к постепенному слиянию очагов таких антропогенных загрязнений морской среды в масштабное интегральное загрязнение всего Мирового океана. Несмотря на глобальность такого процесса, природе пока удается справляться с необратимым разрушением природных морских экосистем за счет естественных механизмов их самовосстановления и самоочищения.

Негативные явления второго рода всегда локальны, кратковременны, плохо предсказуемы и обладают сравнительно большой интенсивностью, а их источники могут находиться не только в прибрежных районах Мирового океана (например, в местах добычи на континентальном шельфе), но и далеко в открытом море (например, по трассам подводных трубопроводов и на путях следования танкеров и судов-газовозов). Другой особенностью негативных явлений второго рода является то, что во многих случаях, для восстановления в районах возникновения АС экологического равновесия недостаточно естественных процессов самоочищения и самовосстановления, а требуется активное вмешательство человека. Быстрое увеличение масштабов добычи нефти и природного газа на континентальном шельфе Мирового океана и морских транспортных перевозок добытого УВС сопровождается соответствующим ростом вероятности возникновения АС на объектах морской техники. Такие ситуации могут быть спровоцированы как катастрофическими природными явлениями (сейсмодетектонические процессы, тайфуны, ледовые нагрузки, сильные ветры, морские волны в прибрежной зоне, подводные оползни и т.д.), так и неразумной техногенной деятельностью человека. В данной работе приведена статистика АС на объектах морской техники за последние десятилетия, анализируются их причины и последствия для окружающей среды, а также рассматриваются современные методы прогнозирования таких явлений.

1. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕСТАХ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Экологическая безопасность подразумевает состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества, государства и природной среды от реальных и потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или природным воздействием на окружающую среду [2, 3].

АВАРИИ НА МОРСКОМ НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

*И.В. Алешин, д-р техн. наук, проф.,
В.Н. Разуваев, д-р техн. наук, проф.,
А.С. Портной, канд. техн. наук, доцент,
Ю.А. Карпов, аспирант,
С.В. Милославская, бакалавр,
А.А. Ткач, студентка, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 4940931*

Субъекты экологической безопасности – личность, общество, государство, природная среда .

Объекты экологической безопасности – жизненно важные интересы субъектов безопасности, в т.ч. – права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда как материальная основа государственного и общественного строя.

В соответствии с современными представлениями для обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды и сохранения в ней природного равновесия необходим переход к **«устойчивому развитию»** (УР) человеческого сообщества [3], которое есть длительный, управляемый и демократический процесс изменения общества на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях, нацеленный на улучшение качества жизни для настоящего и будущего поколений, при условии ограничения техногенной нагрузки на природные экосистемы рамками их жизнеобеспечивающей способности. Главной особенностью УР является то, что оно ориентирует человеческое сообщество на борьбу не столько с последствиями, сколько с причинами экологически нецелесообразной техногенной деятельности человека, разрушающей природную среду, и на переход к повсеместному использованию экологически обоснованных методов ведения хозяйства, обеспечивающих сохранение и воспроизводство природных экосистем и природных ресурсов.

Обострение глобальных экологических проблем, характерное для последних десятилетий XX в. и начала XXI в., в значительной степени обусловлено тем, что попытки оптимизации возрастающего техногенного воздействия на окружающую природную среду сталкиваются с необходимостью достижения **компромисса между экономикой и экологией**. К сожалению, до недавнего времени приоритеты для большинства государств чаще всего оставались за экономикой в ущерб экологии. Назрела настоятельная необходимость перехода к экологически обоснованному, рациональному взаимодействию человека с окружающей природной средой, которое базируется на целенаправленном управлении качеством окружающей среды и обеспечивает УР человеческого сообщества.

Продолжением и развитием идей академика В.И. Вернадского в этом направлении (в т.ч. о «ноосфере») является концепция использования **природно-технических систем** (ПТС) [2], которые представляют собой совокупности технических средств и устройств и взаимодействующих с ними элементов природной среды, обеспечивающих в ходе совместного функционирования, с одной стороны, высокие производственные показатели, а с другой – поддержание в зоне своего влияния благоприятной экологической обстановки, максимально возможное сохранение и воспроизводство природной среды

[4]. Одним из главных итогов использования такой концепции должен стать постепенный переход **к малоотходным и безотходным технологиям** производства и потребления. Типичным примером таких ПТС являются **морские нефтегазовые комплексы (МНГК)**, т.е. *совокупность технических средств и сооружений для разведки, добычи, промежуточного хранения, погрузки и транспортировки добытого УВС.*

Формирование стратегии глобальной и национальной экологической безопасности базируется на понимании того, что человеческое сообщество может жить и развиваться только внутри уже существующей биосферы за счет рационального расходования ее ресурсов и регулируемого техногенного воздействия на окружающую среду. Оптимизация интенсивной нагрузки от техногенных объектов на окружающую среду должна в соответствии с концепцией УР базироваться на принципе соответствия техногенного фактора (уровня и объема техногенеза) природному фактору (способности биосферы к самоочищению и самовосстановлению).

2. АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ НА ОБЪЕКТЕ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аварийная ситуация (авария) на объекте морской техники – это экстремальное событие техногенного характера, произошедшее по конструктивным, технологическим или эксплуатационным причинам, либо из-за случайных внешних природных воздействий и заключающееся в повреждении, выходе из строя, разрушении технических устройств или морских сооружений и приводящее к причинению ущерба окружающей среде, имуществу юридических или физических лиц и здоровью населения [5].

Морские нефтегазовые комплексы – это сложные морские объекты, на качество эксплуатации которых влияют тяжелые природные условия, а также человеческий фактор, по причине которого произошло около 80% АС на морском шельфе.

Уменьшение риска гибели людей на море, аварийности морских инженерных сооружений и ограничение ущерба окружающей среде можно достичь путем анализа статистики аварийных происшествий и причин их возникновения. Как следует из [1], практически все компоненты современного МНГК оказывают техногенное воздействие на окружающую среду и могут стать причиной возникновения АС. К наиболее типичным из таких ситуаций относятся:

- потеря плавучести или остойчивости сооружения – случаи, в результате которых оно затонуло вследствие воздействия штормовой погоды или нарушения конструктивной целостности корпуса;
- посадка на грунт – случаи, когда сооружение в течение определенного времени находилось на грунте, а также случаи касания сооружением грунта или любых подводных объектов;
- навал – случаи соударения с судами обеспечения и посторонними судами;
- пожар и/или взрыв – случаи, в которых первоначальной причиной аварии были пожар и/или взрыв (пожары и взрывы в результате столкновений, посадок на грунт и т.п. к этому виду аварий не относятся);
- повреждение корпуса/механизмов – случаи, в результате которых произошло повреждение корпуса или выход из строя механизмов (по любой причине, кроме посадки на грунт столкновений, навалов, пожаров и взрывов);
- неконтролируемые выбросы из скважины;
- утечки/ выбросы углеводородов;
- падение вертолетов при перевозке персонала.
- аварии на маршрутах морских транспортных средств, перевозящих УВС;
- аварии при погрузке УВС на транспортные средства;
- разрушение подводных нефте- и газопроводов;

- аварии в результате природных стихийных бедствий;
- повреждение морских нефте-газохранилищ;
- аварийное фонтанирование на морских буровых платформах;

Последствием таких событий может быть нанесение серьезного урона окружающей среде, нарушение функций или гибель сооружения, смерть или потеря трудоспособности персонала, а также потеря времени и снижение доходов производства.

При возникновении АС на МНГК в окружающую среду (ОС) выделяется энергия и проникают различные вредные для нее вещества, основные из которых приведены на рис. 1.



Рис. 1. Опасные для ОС вещества, проникающие в нее при возникновении АС на МНГК

Объекты воздействия МНГК на ОС показаны на рис. 2.



Рис. 2. Объекты ОС, подверженные негативному воздействию, при возникновении АС на МНГК

Техногенные воздействия на ОС от компонентов МНГК можно подразделить на несколько видов:

- непосредственное воздействие физических полей (механических, тепловых, акустических, радиационных, электромагнитных);
 - опосредованное воздействие через изменение физических свойств (увеличение мутности и цветности морской воды, изменение гранулометрического состава и структуры донных осадков, рельефа дна моря, поля скоростей водных потоков, привнесение посторонних техногенных предметов, создание искусственных субстратов (платформ, трубопроводов, дамб, прокладка кабелей и т.д.);
 - непосредственное воздействие токсических химических веществ, содержащихся в выбросах и сбросах в ОС;
 - опосредованное воздействие через изменение химических свойств морской среды (рН, содержание растворенных газов, солевой состав) и атмосферного воздуха;
 - негативное воздействие на представителей морской флоры и фауны, приводящее либо к их гибели, либо к миграции в другие районы Мирового океана
- Главными причинами таких воздействий являются:
- нарушения регламентов технологических процессов добычи нефти и природного газа на МНГК;
 - АС.

Серьезную опасность для ОС представляют аварийные разливы нефти на морской поверхности. Как известно, нефть может находиться в морской среде в нескольких состояниях, показанных на рис. 3.



Рис. 3. Состояние нефти в морской среде при возникновении нефтяного разлива

При попадании одной тонны сырой нефти на морскую поверхность она растекается в пятно площадью до 30 км² при средней толщине пленки несколько сотых мкм. Такая пленка помимо прямого токсического действия на морские организмы, обитающие на границе раздела океан-атмосфера (прежде всего плейстон и нейстон), оказывает и побочное действие, нарушая энерго-, массо- и газообмен между атмосферой и океаном, а также меняя физико-химические характеристики морской поверхности. Такое побочное вредное воздействие на морскую экосистему может стать сильнее прямого токсического воздействия нефти и нефтепродуктов на морские организмы [3]. Кроме того, при аварийном нефтяном разливе в прибрежной акватории происходит загрязнение сырой нефтью береговой линии материка. Ликвидировать последствия такого загрязнения в ряде случаев оказывается даже сложнее, чем в открытом море.

Сразу после разлива нефти по морской поверхности начинаются процессы самоочищения, в т.ч.:

- физические (испарение, растекание, эмульгирование, оседание);
- химические (растворение, фотохимическое окисление);
- биологические (биодegradация)

Интенсивность таких процессов зависит от климатических условий и наиболее велика в экваториальной зоне океана, в то время как в арктических и антарктических районах она существенно снижается.

Попадание в морскую среду и атмосферу природного газа также приводит к изменению экологического состояния ОС. Прямого токсического действия на морские организмы при этом обычно не происходит (природный газ оказывает на морских обитателей в основном слабое наркотическое действие). Наибольшую опасность при попадании в атмосферу представляют содержащиеся в аварийных выбросах МНГК парниковые газы [5], которые вносят свой вклад в антропогенное изменение климата.

3. СТАТИСТИКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МНГК И АНАЛИЗ ПРИЧИН ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

3.1. Возникновение аварийных ситуаций на МНГК

В условиях проведения ширококомасштабных работ по освоению морских нефтегазовых месторождений все большую остроту приобретают вопросы обеспечения безопасности МНГК, на которые воздействуют такие факторы, как волновые нагрузки, нагрузки от течений, коррозионная активность морской воды, сейсмические нагрузки, ледовые нагрузки в северных широтах. С увеличением глубины моря в районе месторождения резко усложняется технология бурения и добычи. Также необходимо отметить большую уязвимость морской экосистемы от нефтегазовых загрязнений. Поэтому проблемы обеспечения безопасности при нефтегазодобыче в морских условиях выходят на качественно новый уровень.

По статистике с 1980 по 2005 гг только на морских объектах нефтегазодобычи континентального шельфа Великобритании произошло около 5,5 тысяч различных аварий (табл. 1), включая падения грузов, пожары, взрывы, утечки, выбросы, столкновения и прочие инциденты [6].

АС могут возникать на любых этапах освоения МНГМ по конструктивным, производственным, технологическим или эксплуатационным причинам, либо из-за внешних случайных воздействий (частота возникновения аварий на морских буровых установках проанализирована в табл. 2 [3–6]).

Причиной техногенных АС на МНГК, прежде всего, могут стать ошибки, допущенные на этапе геологических изыска-

Аварийность морских объектов континентального шельфа Великобритании с 1980 по 2005 г.

Таблица 1

Вид аварии	Тип установки										Всего	
	СПБУ		ППБУ		TLP	БС	FPSO	FSU	Жилые блоки	Кол-во	%	
	БУ	ДУ	БУ	ДУ								
Обрыв ЯС	8	-	187	8	-	5	13	1	26	248	4,55	
Фонтан	5	-	13	-	1	-	-	-	-	19	0,35	
Опрокидывание	2	-	1	-	-	-	-	-	-	3	0,05	
Столкновение	7	-	12	-	-	-	-	-	1	20	0,37	
Контакт	74	-	111	7	2	1	11	4	10	220	4,03	
Кран	381	8	868	40	58	23	56	7	30	1471	26,96	
Взрыв	5	-	16	3	1	-	2	-	1	28	0,51	
Падающие объекты	438	14	1054	52	61	27	70	10	46	1772	32,48	
Пожар	63	1	110	22	15	2	54	2	12	281	5,15	
Просадка	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2	0,04	
Посадка на мель	1	-	3	-	-	-	-	-	1	5	0,09	
Вертолет	1	-	6	-	1	-	1	-	3	12	0,22	
Утечка	3	-	19	-	-	2	1	-	1	26	0,48	
Крен	6	-	8	-	-	-	1	-	1	16	0,29	
Оборудование	-	-	4	-	-	-	1	-	1	6	0,11	
Нерабочее состояние	8	-	29	1	-	1	1	1	11	52	0,95	
Разлив/выброс	112	10	162	135	19	2	319	8	1	768	14,08	
Конструктивные	26	-	35	3	1	-	5	2	7	79	1,45	
Буксировка	9	-	19	-	-	-	-	-	1	29	0,53	
Проблемы на скважине	167	3	142	1	3	4	2	-	-	322	5,90	
Иные	10	-	31	6	1	2	23	2	2	77	1,41	
Всего	1327	36	2831	278	163	69	560	37	155	5456	100%	

Примечание: СПБУ – самоподъемная плавучая буровая установка; ППБУ – полупогружная плавучая буровая установка; БУ/ДУ – буровая/добычная установка; БС – буровое судно; TLP – tension leg platform, платформа с натяжным якорным креплением; FPSO – floating production, storage and offloading (unit), плавучая установка по добыче, хранению и отгрузке; FSU – floating storage unit, плавучее хранилище

ний, то есть неправильная оценка геологической структуры земной коры в месте предполагаемого месторождения, запасов УВС и их состояния.

Другая причина возможных АС на МНГК может быть обусловлена техническими ошибками, допущенными на этапе проектирования (особенно при выборе типа морской буровой платформы, способов ее стабилизации на морском дне, защиты от ветровых, волновых, сейсмических и ледовых нагрузок, расчета прочностных характеристик силовых элементов и т. д.), а также ошибки при проведении экологической экспертизы, оценки возможного воздействия на окружающую среду на стадии строительства и промышленной эксплуатации, в результате которых не были в должной степени учтены природные условия и техногенные нагрузки в месте расположения предполагаемого МНГК. Обычно ошибки последнего типа обусловлены стремлением сэкономить на всем и прежде всего – на решении экологических проблем.

Таблица 2

Сравнительная оценка аварийности морских буровых установок в зависимости от вида выполняемых работ [7]

Вид работ на морской буровой установке	Аварийность, %
Разведочное бурение	49
Эксплуатационное бурение	22
Добыча УВС	19
Ремонт скважины	6
Заканчивание скважины	4
Итого:	100

Причиной аварийных ситуаций на этапе разведочного бурения обычно являются смещения пластов, локальные возрастания давления в скважине, нарушения герметичности элементов бурового оборудования, которые могут привести к выбросам пластовых вод, нефти, попутного газа [4–8].

На рис. 4 представлено распределение по причинам АС для стационарных сооружений на шельфе за период 1990 – 2007 гг., а на рис. 5 – для плавучих (мобильных) буровых и добычных установок.

Анализ показал, что наибольшее количество АС на морских стационарных платформах (МСП) связано с разливами/выбросами и падением предметов. Третье место занимают аварии, связанные с кранами. Для плавучих кранов - наибольшее количество АС связано с падением предметов и крановыми операциями. Несмотря на их большое число, ни одна из аварий не привела к существенным выбросам УВС или повреждению оборудования. Это справедливо и для ППБУ, используемых на этапе бурения. Тем не менее картина для добывающих ППБУ совершенно иная, и здесь на первый план выступают разливы и выбросы (57%), что связано с отказами подводно-устьевого оборудования скважин и авариями райзеров.

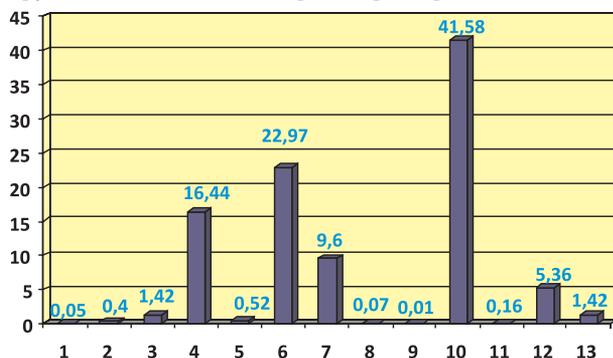


Рис. 4. Распределение АС (%) на морских стационарных платформах на шельфе (по данным DNV) на основании 8224 аварий за 1990–2007 гг.

1 – аварийный выброс из скважины, 2 – столкновение, 3 – столкновение с судами обеспечения, 4 – аварии крана, 5 – взрыв, 6 – падение предметов, 7 – пожар, 8 – авария вертолета, 9 – утечка, 10 – разливы/выбросы, 11 – отказы конструкций, 12 – аварии скважины, 13 – другие [10,11]

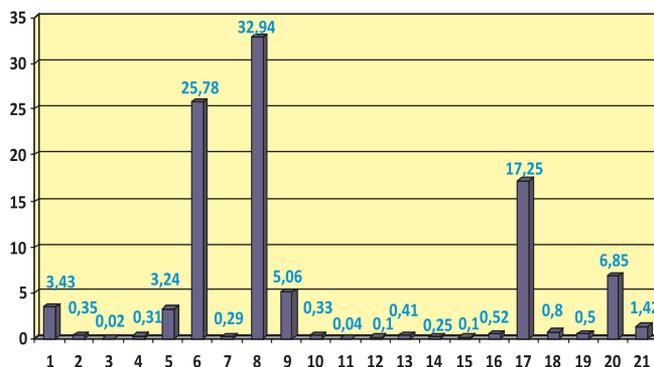


Рис. 5. Распределение аварийных случаев (%) для плавучих буровых установок (ППБУ) на шельфе (по данным DNV) на основании 4825 аварий за 1990–2007 гг.

1 – обрыв якоря, 2 – аварийный выброс из скважины, 3 – опрокидывание, 4 – столкновение, 5 – столкновение с судами обеспечения и буровыми платформами, 6 – аварии крана, 7 – взрыв, 8 – падение предметов, 9 – пожар, 10 – затопление, 11 – посадка на мель, 12 – авария вертолета, 13 – утечка, 14 – крен, 15 – авария механизмов, 16 – отклонение от точки работ, 17 – разлив/выброс, 18 – отказы механизмов, 19 – аварии при буксировке, 20 – авария скважины, 21 – другие [10,11]

Результаты анализа аварийности ППБУ на этапах бурения и добычи показаны на рис. 6 и рис. 7.

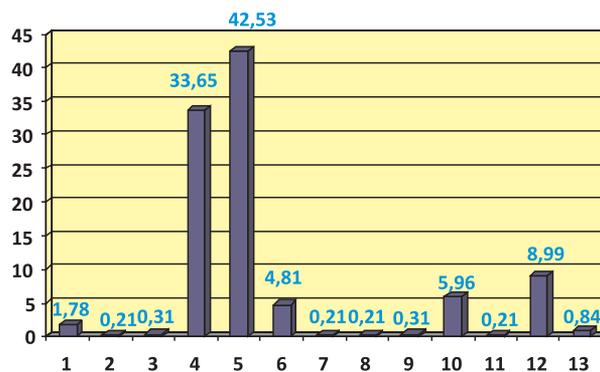


Рис. 6. Аварии ППБУ на этапе бурения (%) (по данным DNV) за 1990–2007 гг.

1 – обрыв якорной связи; 2 – аварийный выброс из скважины; 3 – столкновение; 4 – авария крана; 5 – падение груза; 6 – пожар; 7 – утечка; 8 – крен; 9 – неисправность механизмов; 10 – разливы и выбросы; 11 – повреждения конструкций; 12 – авария скважины; 13 – прочие причины [10,11]

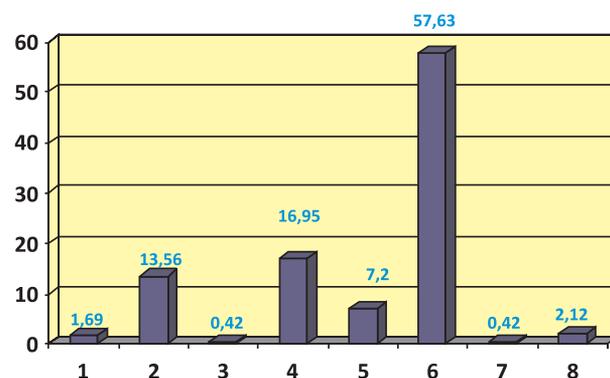


Рис. 7. Аварии добывающих ППБУ (%) (по данным DNV) за 1990–2007 гг.

1 – обрыв якорной связи; 2 – аварии крана; 3 – взрыв; 4 – падение груза; 5 – пожар; 6 – разливы и выбросы; 7 – аварии скважины; 8 – прочие причины [10, 11]

Результаты анализа аварийности СПБУ на этапах бурения и добычи показаны на рис. 8 и рис. 9.

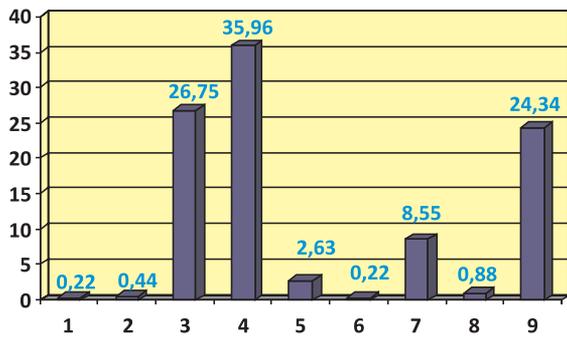


Рис. 8. Аварии СПБУ на этапе бурения (%) (по данным DNV) за 1990–2007 гг. 1 – обрыв якорной связи; 2 – аварийный выброс из скважины; 3 – аварии крана; 4 – падение груза; 5 – пожар; 6 – отклонение от точки работ; 7 – разливы и выбросы; 8 – повреждение конструкций; 9 – аварии скважины [10, 11]

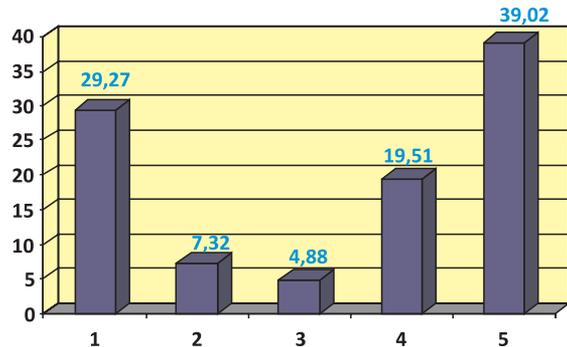


Рис. 9. Аварии СПБУ на этапе добычи (%) (по данным DNV) за 2000–2007 гг. 1 – разливы и выбросы; 2 – авария скважины; 3 – пожар; 4 – авария крана; 5 – падение груза [10, 11]

На рис. 10 показано соотношение аварийности для МБУ на этапе бурения. Отличие результатов – 2% для бурового судна и 66% для ППБУ связано не с тем, что ППБУ более аварийны, а с тем, что парк буровых установок, возможных к использованию в суровых (но безледовых условиях) в основном состоит из ППБУ.

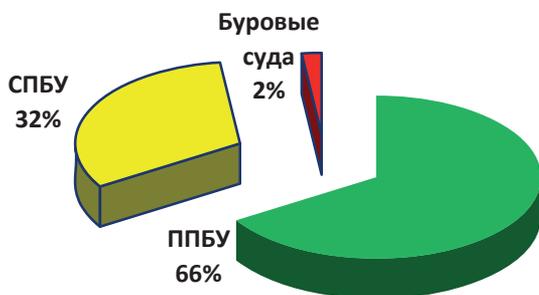


Рис. 10. Распределение аварийных случаев с различными типами технических средств, используемых на этапе бурения [7]

На этапе добычи значительную часть парка технических средств представлена платформами типа TLP, поэтому на их долю падает 23% аварий (рис. 11).

На этапе добычи широко используются плавучие нефтехранилища (FSU) и плавучие системы добычи, хранения и перегрузки нефти (FPSO). Соотношение аварий с ними показано на рис. 12.

Значительная часть аварий связана с конструктивными повреждениями. Распределение основных причин, приведших к нарушениям целостности конструкций приведено на рис. 13.

Столкновения объектов МНГК с судами снабжения, а также с плавающими предметами, часто приводящими к раз-

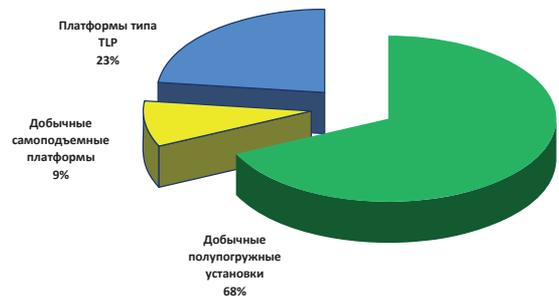


Рис. 11. Распределение аварийных случаев с различными типами технических средств на этапе добычи [7]

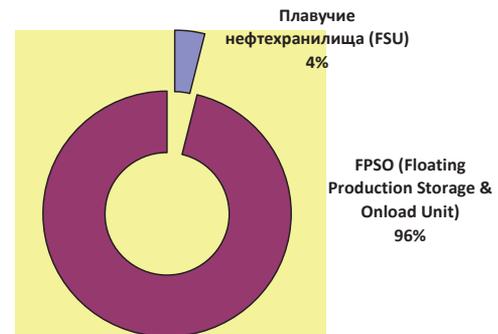


Рис. 12. Соотношение числа аварий на плавучих нефтехранилищах (FSU) и плавучих системах, совмещающих добычу, хранение и передачу УВС (FPSO) [7]

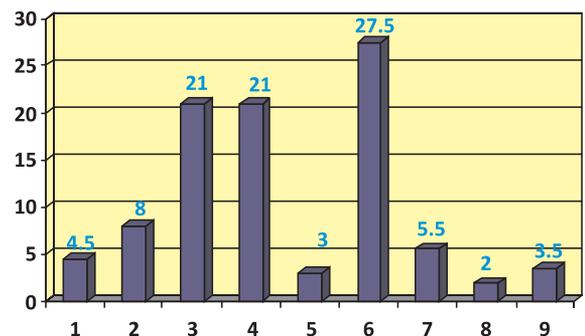


Рис. 13. Причины конструктивных повреждений стационарных МБУ (%) (по данным DNV) за 1990–2007 гг. 1 – внутренняя коррозия, 2 – эрозия грунта; 3 – усталостные вибрационные повреждения, 4 – неправильная установка платформы; 5 – ошибки оператора; 6 – сниженные свойства материала; 7 – производственные нарушения; 8 – повреждения изоляции; 9 – прочие [10,11]

ливам топлива, доставляемого судном на платформу, происходят по различным причинам, основные из которых представлены на рис. 14.

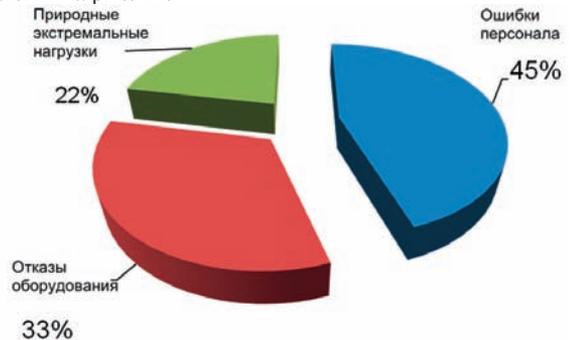


Рис. 14. Основные причины столкновений судов с объектами МНГК [7]

3.2. ВЫБРОСЫ И УТЕЧКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНГК

Одно из ведущих мест в широком перечне причин АС на МНГК занимают выбросы УВС из скважин. Особенно часто такие аварии происходят при бурении разведочных сква-

жин, когда нет точных сведений о подлежащем разбурированию геологическом разрезе. За период 1990–2009 гг. на морском шельфе произошло 3419 аварий на стационарных и 836 на передвижных платформах, связанных с разливами и выбросами углеводородов. За период 1992–2009 гг. 55,45% выбросов были отнесены к значительным, а 6,36% к крупным [6].

Утечки нефтепродуктов можно разделить на четыре категории:

1. *Неконтролируемые выбросы* нефти из скважин, связанных со значительным и продолжительным ущербом;

2. *Утечки из технологических систем добычи и подготовки* нефти к транспортировке, которые могут произойти в результате нарушения непроницаемости трубопроводов, соединений, арматуры и пр.;

3. *Утечки из технологических систем энергетической установки* (топливные и масляные системы газотурбо- и дизельгенераторов, трубопроводы обвязки систем, насосы, фильтры и т.п.). Частоту утечек для перечисленных видов оборудования можно оценить величиной от 3×10^{-1} 1/год (для утечек из отверстий диаметром до 5 мм) до 6×10^{-4} 1/год (диаметром около 100 мм). Последствия этих утечек УВС в экологическом плане, как правило, незначительны, так как поступления нефти в морскую среду в количестве 10 – 500 кг вблизи платформы могут быть достаточно быстро локализованы и собраны.

4. *Утечки нефтепродуктов из транспортных систем* (нарушение непроницаемости подводных трубопроводов, утечки из объектов хранения и транспорта нефти). Последствиями аварий в этом случае значительны и продолжительны ущерб.

К основным опасностям, возникающим при утечке/выбросе УВС можно отнести:

- взрывы облаков топливно-воздушной смеси;
- образование и горение огневых шаров;
- горение разлитой нефти;
- образование взрыва и разлет фрагментов технологического оборудования.

На рис. 15 и 16 представлено количество утечек нефти и выбросов газа за период с 1992 по 2002 г.

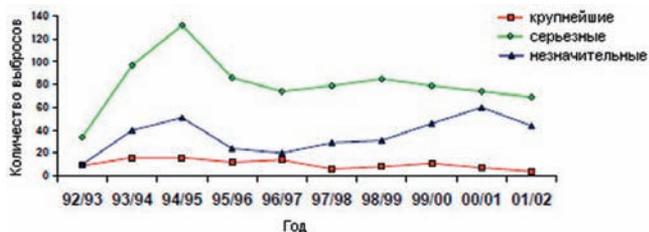


Рис. 15. Выбросы газа за 1992–2002 гг. [7]

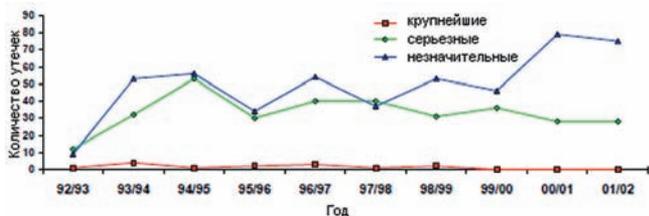


Рис. 16. Утечки УВС за 1992–2002 гг. [7]

С возрастом платформы число утечек/выбросов возрастает, это связано с износом конструкции. На рис. 17 показана динамика изменения числа аварий в зависимости от возраста платформы.

На рис. 18 представлены наиболее распространенные причины утечек и выбросов.

При возникновении АС с помощью оборудования выявляется только половина всех утечек и выбросов, причем 77,2% утечек было определено визуаль но. В табл. 3 приведена вероятность обнаружения утечек.

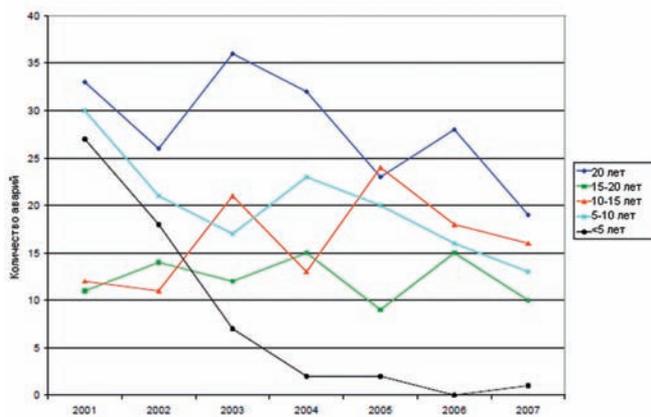


Рис. 17. Количество крупнейших и серьезных аварий на буровых платформах за с 2001–2007 гг. [7]



Рис. 18. Причины утечек и выбросов УВС на МНГК [7]

Общая структура утечек/выбросов на МНГК приведена на рис. 19.

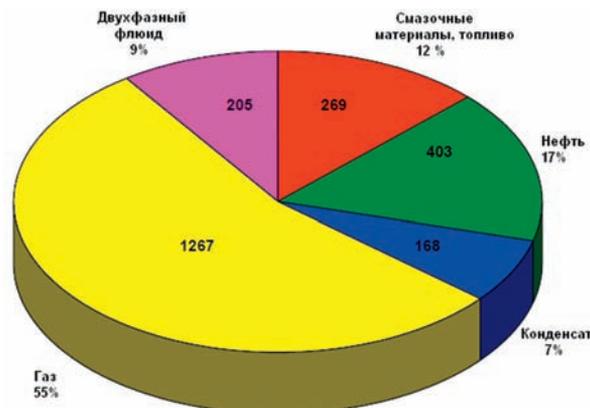


Рис. 19. Выбросы/утечки углеводорода за 1992–2002 гг. [7]

Пожары и взрывы, причинами которых стали утечки/выбросы являются серьезными авариями на морском шельфе. За время с 1990–2007 гг. на стационарных платформах произошло 832 аварии, а на передвижных платформах – 259, связанных с пожарами и взрывами. При этом из всех возгораний 22,8% пришлось на жидкое УВС, на газообразное – 9,1%, а на двухфазный флюид не пришлось ни одного возгорания. В табл. 4 приведена статистика по возникшим возгораниям при утечках/выбросах на МНГК.

Анализируя частоту возгорания УВС, можно сделать вывод, что чем выше класс взрывоопасной зоны, тем меньше процент возгорания. Это может быть связано с тем, что для взрывоопасных зон предусмотрены жесткие технические и организационные меры по предупреждению пожара и взрыва.

Вероятность обнаружения выбросов/утечек [7]

Тип углеводорода	Размер выбросов/утечек	Количество выбросов/утечек	Количество обнаруженных утечек/выбросов	Вероятность обнаружения, %
Газ	Крупнейший	114	71	62,2
	Серьезный	932	518	55,6
	Незначительный	480	264	55,0
Конденсат	Крупнейший	1	0	0
	Серьезный	57	27	47,4
	Незначительный	148	48	32,4
Смазочные материалы, топливо и т.п.	Крупнейший	38	4	10,5
	Серьезный	157	53	52,9
	Незначительный	31	15	48,4

Таблица 4

Утечки/выбросы и возгорания 1992–2004 гг. [7]

Тип флюида	Класс взрывоопасной зоны объекта МНГК								
	Зона 1			Зона 2			Безопасная зона		
	N _{ув}	N _в	n _в , %	N _{ув}	N _в	n _в , %	N _{ув}	N _в	n _в , %
Нефть	128	0	-	385	11	2,9	13	-	-
Газ	355	9	2,5	1130	35	3,1	41	2	4,9
Двухфазный флюид	60	0	-	160	-	-	6	-	-
Конденсат	48	2	4,2	157	8	5,1	1	1	100
Смазочные материалы, буровой раствор и т.п.	36	9	25	223	69	30,9	71	18	25,3
ВСЕГО	627	20	3,2	2055	123	6,0	132	21	15,9

В табл. 5 приведена информация по возгоранию технологических материалов на объектах МНГК.

Таблица 5

Возгорания технологических материалов на МНГК [7]

Тип вещества	Число выбросов/утечек	Число возгораний	Частота возгораний, %
Дизельное топливо	161	37	23,0
Смазочные материалы	58	42	72,4
Гликоль	16	7	43,8
Смазочное масло для гидравлических систем	16	3	18,8
Нефтяное топливо	11	1	9,0
Метанол	2	2	100
Буровой раствор	21	0	0

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ АВАРИЙ НА МНГК

Глобальным объектом экологической безопасности, на сохранности которого основана безопасность всех остальных природных экосистем, каждого человека на земле, является биосфера, функционирование и сохранность которой только и делает возможным существование на Земле всех форм жизни. Тем не менее главным объектом и субъектом безопасности человеческого общества провозглашает человека – самое ценное и уязвимое, но и наиболее опасное для себя и всего окружающего существа. При этом основной характеристикой безопасности человека является состояние его здоровья.

Показатели, характеризующие здоровье человека и состояние окружающей среды, предлагается использовать в качестве единиц измерения безопасности. Главным показателем здоровья в первую очередь является средняя ожидаемая продолжительность жизни. Продолжительность жизни в различных странах зависит не только от уровня развития медицины, но и от уровня социально-экономического развития общества и состояния природной среды.

Так как целью безопасности является не только защита здоровья населения, но и защита окружающей среды, то необходимо определить и показатели, которые количественно оценивают ее состояние и качество. К таким показателям относят *степень близости состояния экосистемы к границе ее устойчивости*.

Для оценки устойчивости пользуются следующими градациями показателей самовосстановления природных систем:

1. Естественное состояние – наблюдается лишь фоновое антропогенное воздействие; биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна;

2. Равновесное состояние – антропогенное воздействие не превышает уровня, при котором скорость восстановительных процессов выше или равна темпу нарушения; продуктивность больше естественной, биомасса начинает снижаться;

3. Кризисное состояние – антропогенные нарушения превышают по скорости естественно-восстановительные процессы, но сохраняется естественный характер экосистем; биомасса снижается, продуктивность резко повышена;

4. Критическое состояние – под антропогенным воздействием происходит обратимая замена продуктивных систем на малопродуктивные; биомасса мала и снижается;

5. Катастрофическое состояние – труднообратимый процесс закрепления малопродуктивной экосистемы; биомасса и биологическая продуктивность минимальны;

6. Состояние коллапса – необратимая потеря биологической продуктивности, стремление биомассы к нулю.

Качественной мерой опасности и безопасности для ОС и здоровья человека является **экологический риск**. В трактовке этого термина нет единодушия. Часто в специальной литературе термин «риск» употребляют как синоним опасности или вероятности ее реализации. В то же время риск нельзя рассматривать в отрыве ни от **вероятности** реализации конкретной опасности, ни от размера (объема) **возможных последствий** этого. Такие последствия всегда приносят **ущерб**, который может быть экономическим, социальным, экологическим и т.д. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Поэтому в дальнейшем будем понимать под риском многокомпонентную размерную величину R :

$$R = P \cdot Y, (1)$$

где P – вероятность реализации рассматриваемой опасности, а Y – объем ожидаемых последствий. В формуле P – величина безразмерная, которая может изменяться в диапазоне от 0 до 1, а Y – величина размерная, которая может иметь любую величину и выражаться в рублях, долларах, числе погибших за определенный промежуток времени людей и т.д.

Экологические риски можно условно разделить на две группы.

1. **Риски, обусловленные природными и антропогенными процессами**, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду, в том числе:

- глобальное потепление климата, изменяющее привычные условия функционирования биосферы;
- разрушение озонового слоя атмосферы, являющегося естественным фильтром, защищающим биосферу от жесткого ультрафиолетового излучения;
- изменение компонентов окружающей природной среды, вызванное ее антропогенным загрязнением;
- уменьшение биологического разнообразия биосферы

2. **Риски, связанные с угрозой здоровью людей**, в том числе:

- антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод суши вредными для здоровья веществами;
- дефицит чистой питьевой воды;
- накопление химических токсикантов в почве (прежде всего пестицидов) и попадание их в продукты питания;
- радиоактивные излучения, связанные с использованием в промышленности и медицине радиоактивных нуклидов.

При оценивании экологических рисков следует различать две их разновидности, требующие разных подходов:

- коллективный экологический риск;
- индивидуальный экологический риск

Коллективный экологический риск характеризует возможные аварии на техногенных объектах, которые вызывают тяжелые последствия для окружающей природной среды и гибель людей. Такой риск принято количественно характеризовать формулой [5]:

$$R_s = \sum_{i=1}^l w_i N_i, \quad (2)$$

где w_i – частота i -той аварии, N_i – количество смертельных случаев, обусловленных этой аварией, l – возможное число всех аварий на данном объекте.

В некоторых государствах Западной Европы законодательно определены частоты аварии и количество вызванных ею смертельных случаев. Например, в Нидерландах, риск от потенциально опасной установки, авария на которой может вызвать гибель 10 человек, может считаться приемлемым, если частота этой аварии не превышает 10^{-4} в год (т.е. рассматриваемая авария может произойти не чаще чем 1 раз в 10 000 лет).

Коллективный экологический риск от воздействия на человека вредных и опасных веществ оценивают несколько иным образом. В частности, для оценки влияния какого-либо токсиканта, присутствующего в окружающей среде, вводится понятие «риска от дозы i токсиканта j » $[P(D)]_{ij}$, которое фактически является вероятностью, зависящей от фактора риска данного токсиканта F_r и его дозы D . Доза измеряется в мг вредного вещества, а фактор риска имеет размерность $мг^{-1}$ и определяется в результате специальных медицинских исследований. Если связь между дозой и риском линейна, то такая вероятность (безразмерная величина) определяется из формулы:

$$[P(D)]_{ij} = (F_r \cdot D)_{ij} = (F_r \cdot c \cdot v \cdot t)_{ij}, \quad (3)$$

где c – концентрация токсиканта, v – его ежедневное поступление в организм человека, t – время воздействия токсиканта. Число тяжелых последствий (например, тяжелых заболеваний) действия токсикантов на людей определяется выражением:

$$M = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [P(D)]_{ij} \cdot N_{ij}, \quad (4)$$

где N_{ij} – количество людей, подвергающихся действию токсикантов, k – количество токсикантов, n – количество уровней доз каждого токсиканта.

Индивидуальный экологический риск обычно характеризуют вероятностью фатального исхода для индивидуума от какой-либо экологической опасности за определенный промежуток времени (обычно за год). В понятии индивидуального риска в этом случае помимо вероятности присутствует и его последствие – гибель человека (ущерб).

В настоящее время для оценки допустимых индивидуальных рисков используют критерий Эшби [5]. Он представляет собой вероятность одного фатального случая в год.

Таблица 6
Критерии приемлемости риска по Эшби [5]

Ранг риска	Вероятность одной смерти в год	Степень приемлемости риска
1	Не менее 10^{-3}	Риск неприемлем
2	10^{-4}	Риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	10^{-5}	Требуется детальное обоснование приемлемости
4	10^{-6}	Риск приемлем без ограничений

Ранг риска, равный 4 (вероятность 10^{-6}), и степень приемлемости риска – «приемлемый без ограничений» в табл. 1 соответствует природным катастрофам. В табл. 7 приведены данные по вероятностям фатального исхода для различных видов рисков в Великобритании.

Таблица 7
Вероятности индивидуального риска смерти в год (на одного жителя Великобритании) [5]

Причина смерти	Вероятность одной смерти в год
Болезни (внутренние причины)	10^{-2}
Отравления, насилие (внешние причины)	10^{-4}
Аварии на автомобильном транспорте	10^{-4}
Травматизм на производстве	10^{-5}
Аварии на воздушном транспорте	10^{-6}
Природные катастрофы	10^{-6}

Эти вероятности получены делением количества смертей, наблюдавшихся ежегодно от разных причин, на общее число жителей государства.

Ранее была приведена формула (1) для риска через вероятность реализации негативного фактора и ущерб от этого. Обычно последствия от реализации экологической опасности включает в себя различные виды ущерба – экологического, экономического, финансового, социального, морального и т.д. Все они взаимосвязаны и для адекватного учета должны быть приведены к единому – обычно денежному – выражению. В настоящее время это достигается использованием страхования, обеспечивающего количественную оценку человеческой жизни.

Пусть например вероятность экологической катастрофы на каком либо промышленном предприятии составляет 10^{-2} , а суммарный ущерб от нее составляет 500 млн.руб. Тогда в соответствии с формулой (1) экологический риск составит 5 млн. руб. Такой подход несмотря на свою универсальность и простоту имеет существенный недостаток. Рисковые события с малой вероятностью, но большим ущербом и с большой вероятностью, но малым ущербом могут иметь одну и ту же величину риска.

В качестве примера в табл. 8 приведены сведения о величинах вероятности нефтяных разливов для различных типов работ на МНГК, а в табл. 9 – оценки ущерба в денежном выражении для некоторых разновидностей АС на МНГК [9].

Одним из важнейших аспектов обеспечения безопасности окружающей среды и сохранения здоровья населения при освоении природных ресурсов Мирового океана

Таблица 8
Сводные данные о вероятности нефтяных разливов при разных работах на МНГК [9]

Тип работ и операций	Вероятность разливов	Объем разливов
Операции на платформах кроме бурения	$1,2 \times 10^{-1}$ $4,8 \times 10^{-3}$ $3,9 \times 10^{-5}$	1–8 т 8–160 т > 160 т
Буровые и промысловые работы	1–7 на 1000 скважину 1–4 на 1000 скважин	~1 т > 1000 т
Хранение и перегрузка нефти Плавучие нефтехранилища Однокорпусные причалы Транспортировка: по трубам танкерами	$4,6 \times 10^{-5}$ $5 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-3}$ $10^{-3} - 10^{-5}$ год/км трассы $5,3 \times 10^{-7}$ на 1 км 0,9 на 160 млн.т $10^{-2} - 10^{-5}$ на 1 танкер в год	> 160 т 0,16–160 т 790 т > 160 т ≥ 5000 т

с освоением запасов нефти и природного газа арктического шельфа России, природа которого особенно уязвима к техногенным воздействиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение рисков возникновения аварийных ситуаций при функционировании МНГК является необходимым этапом обеспечения экологической безопасности окружающей среды при морском недропользовании. Решение этой важнейшей народно-хозяйственной задачи, особенно актуальной для РФ, под юрисдикцией которой находятся одни из самых обширных в мире площадей континентального шельфа, перспективных на запасы нефти и природного газа, невозможно без изучения и анализа причин возникновения негативных воздействий на окружающую среду при подводной добыче ископаемых углеводородов и разработки государственной стратегии защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов континентального шельфа Мирового океана.

Таблица 9

Стоимость экономических потерь разливов нефти [9]

Размеры разлива (баррелей)	Всего, млн. долл.	Доказанные экономические потери для рыбного хозяйства и туризма, млн. долл.	Стоимость очистки, млн. долл.	Стоимость исков ущербов третьим сторонам (включая восстановление природных ресурсов), млн. долл.
1000	1–2	0–5	-	5
5000	5–10	1,25–2,5	2,5–5	1,25–2,5
10 000	20–45	5–10	5–10	12,5–25,0
20 000	45–90	10–20	10–20	25–50
70 000	150–325	35–70	35–70	80–175
100 000	225–450	50–100	50–100	125–250
200 000	450–900	100–200	100–200	250–500

в настоящее время является **управление рисками**, представляющее собой целенаправленное воздействие на соответствующие факторы опасности, т.е. в конечном итоге – управление опасностью [7]. Главный элемент такой деятельности – **процесс оптимального распределения ограниченных финансовых и материальных ресурсов**, направляемых на снижение приоритетных рисков до такого уровня, который может считаться приемлемым при данной социально-экономической ситуации в месте реализации неблагоприятных событий.

К общим принципам управления рисками (в том числе экологическими) относятся:

1. принцип оптимизации соотношения выгоды и ущерба;
2. принцип обеспечения необходимой защиты от опасности;
3. принцип ранжирования рисков по регионам с разными социально-экономическими условиями;
4. принцип строгого ограничения допустимого негативно-го воздействия неблагоприятного фактора на окружающую среду и здоровье человека.

Управление риском представляет собой процедуры идентификации риска, анализа самой рискованной ситуации, а так же разработки и обоснования управленческих решений в форме нормативных актов, обеспечивающих минимизацию риска.

Нормативное регулирование безопасности и риска в РФ включает [8]:

- лицензирование федеральным органом власти видов деятельности в области промышленной безопасности;
- декларирование промышленной безопасности на особо опасных техногенных объектах;

Особое значение приобретает деятельность по управлению рисками, связанными с эксплуатацией МНГК, в связи

исследования, результаты которых приведены в данной работе, поддержаны грантами РФФИ-ГФЕН 08-08-92205 и МС-2008-06 182-08/9100/ВРТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин И.В. Охрана окружающей среды при освоении ресурсов Мирового океана: Учеб. пособие. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2005, – 86 с.
2. Экологическое законодательство РФ. Закон Российской Федерации от 10 января 2002 №7-физ, Об охране окружающей среды: Справ. – Т.1. – СПб.: Диана, 2002. – 21 с.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: Учебник для ВУЗов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005, 576 с.
4. Гершензон В.Е., Смирнова Е.В., Элиас В.В. Информационные технологии в управлении качеством окружающей среды. – М.: Академия, 2003. – 237 с.
5. Ваганов П.А., Им М.-С. Экологические риски. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2001. – 152.
6. Accident Statistics for floating offshore units on the UK continental shelf 1980–2005. Prepared by Det Norske Veritas for the Health and Safety Executive, 2007.
7. Offshore Hydrocarbon Releases Statistics and Analysis, 2002. HID Statistics Report HSR 2002 0028.
8. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ.– РМРС, 2008.
9. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. – М.: Ин-Октава, 2005. –375.
10. www.mms.gov.
11. www.hse.gov.uk ■

Основополагающим документом, определяющим государственную политику Российской Федерации в области морской деятельности – национальную морскую политику, является Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 г [1]. Функциональные направления национальной морской политики предусматривают морские перевозки, освоение и сохранение ресурсов и пространств Мирового океана, осуществление военно-морской деятельности, развитие морской науки.

Наблюдающаяся в настоящее время интенсификация процессов освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа РФ в значительной степени предопределяет значительное расширение масштабов деятельности в области морских перевозок, научной и военно-морской деятельности и в перспективе будет возрастать.

По оценке экспертов, увеличение потенциальных рисков возникновения морских аварий и нефтяных разливов, развитие их до уровня катастроф, связанное с повышением интенсивности судоходства, активизацией разведки и добычи нефти на континентальном шельфе, строительством нефтяных терминалов и увеличением перевозок нефти морем, рассматривается в качестве одной из главных проблем развития морской деятельности.

Важным условием ее успешного решения считается наличие подробных данных о глубинах, рельефе и грунте морского дна, положении уровня воды (океана), береговой черте, затонувших (затопленных) предметах, параметрах гравитационного и магнитного полей, течениях, состоянии поверхности моря (в том числе и загрязнении) и других навигационных опасностях, средствах и методах предупреждения о них. Кроме того, надо иметь хорошую систему навигационного оборудования морских акваторий (маяки, знаки, буи, вехи, радионавигационные системы и др.), необходимый гидрографический флот, где каждое судно является частью измерительной системы, подводные исследовательские аппараты и др.

Признание значимости навигационно-гидрографического обеспечения как особого вида деятельности подтверждено на международном сообществе – Генеральная ассамблея ООН резолюцией от 25 ноября 2005 г. одобрила решение об объявлении 21 июня всемирным Днем гидрографа.

Необходимость безусловного выполнения требований международных стандартов в области морской деятельности, установленных международными конференциями (п. 9 и 13 Конференций по охране человеческой жизни на море

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ - ЗАЛОГ УСПЕШНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАВИГАЦИОННО- ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВА

*Н.Н. Неронов, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник ОАО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 3226649*

и др.), международными организациями, членами которых является Россия (Международная гидрографическая организация, или МГО – стандарт S-44, требования ИМО, ММО и др.) является обязанностью России и должно рассматриваться в ранге государственной политики.

Реализация этих требований в деятельности организаций и предприятий, занятых изучением и освоением ресурсов Мирового океана, определяет предмет навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности.

В СССР навигационно-гидрографическое обеспечение морской деятельности страны осуществляли гидрографические службы военно-морского флота и Гидрографическое предприятие Минтранса (в части Северного морского пути), до 1917 г. эту функцию в России выполняла Гидрографическая служба военного флота.

До 1993 г. СССР (Россия) была одной из ведущих стран в мире в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности страны по таким основным показателям, как объем гидрографических и океанографических съемок (составлял около 60 % мировой продукции), средства навигационного оборудования обеспечивали безаварийное плавание российских и иностранных судов в заданных районах, полностью выполнялись требования Минобороны.

Однако на конец 2009 г. Гидрографическая служба ВМФ Минобороны фактически перестала существовать. В настоящее время упразднены или значительно сокращены силы и средства гидрографии, в силу чего объем исследований Мирового океана снизился приблизительно в 100 раз.

Средства навигационного оборудо-

ования – в плачевном состоянии. Из 5093 единиц (маяки, знаки, буи) 268 не действуют. Около 60 % маяков и навигационных знаков требуют капитального ремонта, 70 % плавучих предостерегательных знаков выслужили три-четыре установленных срока службы. Количество судов и катеров сокращено почти на две трети, и 73 % из оставшихся выслужили сроки эксплуатации.

Сложившееся состояние дел в настоящее время не позволяет Российской Федерации выполнять в полном объеме и с надлежащим качеством принятые на себя международные обязательства и обязательства перед ответственными мореведческими организациями, что может привести к авариям судов, трубопроводов, морских сооружений и др. Например, невыполнение требований Международной гидрографической организации (резолюция S-44, пятая редакция) грозит запретом захода в наши порты иностранных судов, а отсутствия материалов для корректуры карт создает препятствия для геологических работ в морях, добычи углеводородов, может нарушить транспортные коммуникации, в том числе и подводные трубопроводы.

В результате ведомственного недофинансирования и отсутствия правовой базы современное состояние материально-технической базы Гидрографической службы и ее кадровый потенциал не позволяют решать возложенные на нее задачи в полной мере [2].

Все это свидетельствует о неудовлетворительном современном состоянии навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания на морских и внутренних водных путях России.

При подготовке статьи был проведен анализ документов, определяющих нормативную правовую базу навигации,

гидрографии и морской картографии.

Анализ изученных документов, определяющих нормативную правовую базу навигации, гидрографии и морской картографии, показал, что в Российской Федерации нет правовых положений, определяющих их место в оборонном и хозяйственном комплексах страны, за исключением упоминания о гидрографических работах и картографировании Мирового океана в разделе «Геодезические работы» Федерального закона РФ «О геодезии и картографии» [3]. Это обстоятельство привело к исключению «гидрографии» в ряде государственных документов из морской деятельности страны как самостоятельного направления и отнесению ее к геодезическим работам.

Такое состояние дел противоречит положениям Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденной Президентом России 27 июля 2001 г., в которой в разд. III.3 «Обеспечение безопасности морской деятельности» 3-й абзац, утверждается, что «Безопасность мореплавания обеспечивается: ... поддержанием, совершенствованием и развитием средств навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения, созданием в Российской Федерации единой государственной гидрографической службы», а также «неукоснительным соблюдением соответствующих норм международного права и российского законодательства».

Для достижения целей Морской политики (разд. III.1) среди задач, решение которых необходимо выполнить, сформулирована задача – «формирование нормативной правовой базы морской деятельности, соответствующей нормам международного права и интересам Российской Федерации».

С учетом приведенной оценки, одним из документов нормативной правовой базы морской деятельности должен стать **Закон Российской Федерации о навигационно-гидрографическом обеспечении морской деятельности государства**.

Разработка и введение в действие такого закона определяется необходимостью развития системы навигационно-гидрографического оборудования морских и океанских районов, их картографирования, обеспечения безопасности мореплавания российских и зарубежных судов, навигационно-гидрографического обеспечения использования ресурсов Мирового океана, объединения усилий и координации проведения морских научных исследований, решение задач Минобороны.

Принятие Закона обуславливает необходимость корректуры ряда федеральных законов, постановлений Прави-

тельства РФ, руководящих документов министерств и ведомств России.

Для разработки положений Закона следует уточнить современные формулировки ряда понятий: гидрография, навигация, морская деятельность, навигационно-гидрографическое обеспечение морской деятельности государства, система навигационно-гидрографического обеспечения, единая государственная гидрографическая служба, деятельность по навигационно-гидрографическому обеспечению.

Приведем наши определения этих понятий, при формулировании которых учитывались определения из различных отечественных и зарубежных источников.

Гидрография – это наука о количественных и качественных соотношениях параметров и пространственных формах квазистационарных полей в мировом океане, методах и средствах получения гидрографических данных.

Она реализуется в структурированной информации об этих полях, методах и средствах ее усвоения при навигационно-гидрографическом обеспечении морской деятельности.

На компонентном уровне **гидрография является частью физической географии моря**. Она подразделяется на следующие:

– фундаментальную, в которой устанавливаются и изучаются законы, закономерности, зависимости существования и развития параметров, квазистационарных полей Мирового океана (глубин, рельефа и грунта дна, гравитационного, магнитного и электрического полей), его уровня, береговой черты, обосновывается методология съемок, теоретические основы создания системы технических средств гидрографии;

– прикладную, в которой на основе установленных законов, закономерностей, функциональных зависимостей существования и развития параметров полей создаются их модели, исходные данные для которых, как правило, получают в процессе гидрографических работ методами «съемок».

Модели оформляются в виде карт картографических материалов (в том числе и в цифровом виде), описаний, рекомендаций используются для обеспечения мореплавания, использования ресурсов Мирового океана (энергетических, транспортных, биологических, коммуникаций и т.д.).

Прикладная гидрография включает в себя также обоснование и разработку технических средств и методов исследования Мирового океана и навигационного оборудования морей для обеспечения безопасности мореплавания, ведение информации до потребителя.

Навигация – это наука о выборе

пути, определения места с учетом задач, решаемых кораблем (судном), и влиянии внешней среды на направленные движения и скорость хода судна. Является составной частью кораблевождения (судовождения).

Морская деятельность – деятельность в области изучения, освоения и использования Мирового океана в интересах безопасности, устойчивого, экономического и социального развития государства.

Навигационно-гидрографическое обеспечение морской деятельности – область отношений, возникающих в процессе научно-технической и производственной деятельности по навигационному оборудованию районов Мирового океана, находящихся под юрисдикцией Российской Федерации; выполнению гидрографических работ и исследованию Мирового океана; созданию на их основе картографических и описательных материалов, снабжение ими потребителей; созданию технических средств навигации, морской гидрографии и морской картографии, снабжению ими потребителей; по поддержанию их на заданном уровне; использованию для решения поставленных задач; оповещению потребителей об изменении навигационных и гидрографических условий; лоцманской проводки кораблей (судов).

Система навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности – комплекс административных, организационных, научных и производственных мероприятий, технических средств, технологий, плавучих средств, береговых и морских сооружений, организаций, предприятий, функционирующих в интересах создания благоприятных навигационно-гидрографических, картографических условий для морской деятельности в мирное и военное время.

Единая государственная гидрографическая служба – система органов управления с подчиненными частями, подразделениями, учреждениями, организациями и предприятиями в центре и регионах, предназначенная для навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности субъектов Российской Федерации и выполнения обязательств по международным соглашениям в области изучения и использования Мирового океана.

Деятельность по навигационно-гидрографическому обеспечению – научная, техническая, производственная и управленческая деятельность в области навигационно-гидрографического обеспечения.

Научные дисциплины навигация и гидрография объединяются общим понятием наука, существуют и развивают-

ся по законам, имеющим объективный характер, присущий науке (также как математика, физика и др.).

Практическая реализация результатов научных исследований является составной частью навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства и осуществляется системой навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности.

Успешное решение задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства во многом будет зависеть от наличия Федерального закона.

По самому понятию Закона государства, содержащиеся в нем нормы, регулируют обычно основные, наиболее важные общественные отношения, отношения между субъектами государства, их отношения к объектам данной области.

Учитывая изложенное, Федеральный закон должен устанавливать правовые основы навигационно-гидрографичес-

кого обеспечения морской деятельности страны и направлен на создание благоприятных условий для удовлетворения потребностей государства, физических и юридических лиц в навигационно-гидрографическом, а также условий для функционирования и взаимодействия органов государственной власти Российской Федерации в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. Следовательно, название Федерального закона может быть: «О навигационно-гидрографическом обеспечении морской деятельности государства».

О структуре закона. Структура закона должна отражать связи между субъектами, осуществляющими навигационно-гидрографическое обеспечение морской деятельности страны, юридическими и физическими лицами – потребителями продукции навигационно-гидрографического обеспечения и субъектами Российской Федерации.

В первом приближении структура закона может соответствовать структу-

ре единой Гидрографической службы.

Таким образом, закон должен определять в области навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) отношения между потребителями услуг и их создателями, создателями услуг внутри системы, финансирование, применение международных договоров РФ, имущественные и связанные с ними неимущественные отношения, вопросы метрологии, собственности на продукцию НГО, лицензирования, правовые отношения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина РФ на период до 2020 г. // Красная Звезда/МО РФ. – М., 2003. – 23 августа.
2. Протокол заседания Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации от 1 декабря 2005 г. № 4, Москва.
3. Федеральный закон РФ от 26 декабря 1995 г. N 209-ФЗ «О геодезии и картографии». ■

Ведущая роль внутренних водных путей (ВВП) в транспортной системе России и ее экономике в целом неоднократно отмечалась в Федеральных целевых программах «Модернизация транспортной системы РФ», «ГЛО-НАСС» и «Концепции развития внутреннего водного транспорта РФ».

Эффективное судоходство на ВВП, обеспечение безопасности плавания транспортных, промысловых, пассажирских, специальных и других речных судов и экологической безопасности, безусловно, невозможны без наличия развитой системы навигационно-гидрографического обеспечения. В целях повышения эффективности навигационно-гидрографического обеспечения необходим переход гидрографических, метеорологических и навигационных средств на новый уровень для получения оперативной, полной и достоверной информации об обстановке.

При этом все подвиды навигационно-гидрографического обеспечения, включая гидрографическое изучение районов плавания, создание картографических и описательных материалов (электронных и аналоговых), а также оснащение навигационным оборудованием, должны соответствовать требованиям международных стандартов МГО и ИМО, требованиям национальных руководящих документов.

Сравнительно короткая навигация на ВВП, сезонная изменчивость рельефа дна требуют максимальной оперативности и производительности выполнения всего комплекса гидрогра-

фических работ, включая составление и корректуру электронных навигационных карт и доведение их до судоводителей и других потребителей.

В настоящее время и имеет ряд объективных и субъективных причин, препятствующих достижению этой цели.

В ходе русловых изысканий на ВВП до сих пор используются устаревшие методы и средства выполнения гидрографических работ, часто основанные на ручном труде и, следовательно, имеющие низкую производительность и точность. Отчетными документами при использовании старых методов русловых съемок являются бумажные планшеты, которые приходится затем обрабатывать вручную.

ЕДИНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РУСЛОВЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ПУТЕВЫХ РАБОТ, СОСТАВЛЕНИЯ (КОРРЕКТУРЫ) И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭНК ВВП

*Ю.В.Баглюк, И.А.Баимаров, С.А.Виноградов,
М.И.Исмаилов, А.Н.Ратнер, В.В.Секачев, ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131*

Известные программные платформы, изначально созданные для решения широкого спектра задач морской гидрографии и картографии, обладают большим набором универсальных функций, но не учитывают специфику технологий, традиции и структуру отечественной речной гидрографии.

Применяемое программное обеспечение разнородно и не унифицировано, часто не связано единым информационным полем с картографическими программами последующей обработки полученных планшетов и создания ЭНК (электронных навигационных карт).

Все это существенно увеличивает длительность производственного цикла от выполнения русловых съемок до

составления навигационных карт, что неприемлемо на современном этапе развития картографии.

Для соответствия точности проведения русловых съемок на ВВП требованиям МГО необходимо применение прецизионных акустических средств измерения глубин, разработанных специально для гидрографических работ, а также высокоточных средств определения текущих координат промерного судна. В настоящее время во многих русловых партиях применяются бытовые (рыбопоисковые, в лучшем случае навигационные) эхолоты и СНС-приемники, которые не позволяют с требуемой точностью создавать цифровую модель рельефа дна (ЦМР).

В ходе проведения русловых изысканий практически не используются возможности данных аэро- и космической съемки, хотя применение ортофотопланов позволяет существенно сократить время на необходимую топографическую съемку береговой полосы.

Кроме того, пока не соответствует современному уровню развития информационных технологий процесс заказа, оформления и передачи потребителям требуемых ЭНК ВВП и корректур к ним.

В этих условиях особую важность приобретают разработка и внедрение на ВВП **единой технологии производства русловых изысканий, путевых работ, составления (корректур) и распространения ЭНК.** Данный подход позволяет сформулировать единые технические требования к автоматизированным средствам и специализированному программному обеспечению сбора и обработки данных гидрографических работ на ВВП, порядку и технологии изготовления плано-картографических материалов, необходимых для создания базы пространственных данных и ЭНК.

Цель этой технологии – обеспечение плано-картографическими материалами ВВП на основе использования комплекса унифицированных программных продуктов, которые могли бы эффективно применяться как в простых, так и в сложных производственных условиях русловых съемок, путевых и дноуглубительных работ.

Единая технология должна применяться всеми производственными подразделениями ГБУ и ФГУП «Канал им. Москвы» (изыскательские партии, путевые бригады), а также картографическими центрами.

В рамках реализации единой технологии требуется модернизация всей системы навигационно-гидрографического обеспечения условий плавания на ВВП на основе систематического изучения руслового режима рек, проектирования и выполнения дноуглубительных работ

и т. д., разработки современных средств и методов гидрографических работ в целях картографирования ВВП.

Одним из перспективных направлений получения достоверных и точных исходных данных для составления и корректуры ЭНК ВВП является применение автоматизированных промерных комплексов (АПК) при проведении русловых изысканий, дноуглубительных и других путевых работ на реках и водохранилищах.

Практический опыт ЗАО «Транзас» по внедрению АПК на ВВП в течение последних лет (2003–2010 гг.), показал возможность повышения в несколько раз оперативности русловых изысканий. Кроме того, снизились эксплуатационные расходы за счет сокращения сил, средств и времени на выполнение русловых съемок и подготовки цифровых данных для изготовления ЭНК, на проведение путевых и дноуглубительных работ.

В частности, применение АПК позволило обеспечить:

а) оперативность предоставления навигационной и гидрографической пространственной информации электронным навигационным картам ВВП для всех пользователей с целью решения задач управления внутренним водным транспортом, судовождения, проектирования, строительства и эксплуатации различных видов гидросооружений, информационного картографического обслуживания организаций и судоводителей;

б) эффективность и высокую производительность выполнения гидрографических работ при требуемом уровне качества;

в) единство цифровых данных, исключающее дублирование информации о навигационных и гидрографических объектах ВВП, а также установленных единых правилах использования этих данных;

г) полноту описания и достоверность информации о навигационных и гидрографических объектах ВВП;

д) общедоступность информации для всех заинтересованных пользователей.

На сегодняшний день АПК производства ЗАО «Транзас» – единственный в России промерный комплекс, получивший сертификат одобрения типового изделия Российского Речного Регистра.

Развивая технологию применения АПК, в 2009 г. ЗАО «Транзас» обосновало и разработало концепцию единой технологии автоматизированного производства русловых изысканий и путевых работ, составления (корректур) ЭНК ВВП и распространения цифровой картографической информации на основе применения современных программных

комплексов (ПК) «Дельта», функционирующих в едином информационном пространстве. Структурная схема технологии «Дельта» приведена на рис. 1.

Каждая подсистема программного комплекса «Дельта» участвует в едином технологическом процессе, будучи в то же время самостоятельной программной единицей, и может эксплуатироваться отдельно. Модульный подход к программному обеспечению, тщательный учет специфики и проблем пользователей позволяет формировать и поставлять оптимальные по стоимости и функциям технологические системы разного назначения – производства русловых изысканий, путевых и дноуглубительных работ, составления, корректуры и распространения ЭНК ВВП. Компоненты программного комплекса «Дельта» работают с единым набором данных в унифицированной оболочке, обеспечивая непрерывность процесса планирования и обработки результатов, при этом, предоставляя возможность в полной мере внедрять современные эффективные технологии.

Назначение основных элементов данной технологии показано на рис. 1.

Автоматизированный промерный комплекс (АПК), имеющий в основе ПК «Дельта-П», разработан для проведения гидрографических работ на реках и водохранилищах с целью автоматизированного сбора и обработки батиметрических и геодезических данных для составления и корректуры электронных карт внутренних водных путей.

Комплекс позволяет решить следующие основные задачи:

– обследовать состояние пути с начала навигации для выявления наиболее затруднительных участков и определения очередности их разработки;

– выполнять первичные, повторные и контрольные русловые съемки, необходимые для проектирования путевых работ;

– выполнять русловые съемки и их камеральную обработку, необходимые для составления и корректуры карт внутренних водных путей и схем судовых ходов;

– составлять паспорт перекаатов;

– составлять планы участков, полученных изыскательскими русловыми партиями в период навигации;

– создавать и стучать аналитическую плано-высотную геодезическую сеть;

– подготавливать цифровые данные для изготовления и корректуры ЭНК в стандарте S-57 в соответствии с РД-152-012-01;

– осуществлять поиск и локализацию подводных и донных объектов, подводных кабелей, трубопроводов и т.п.

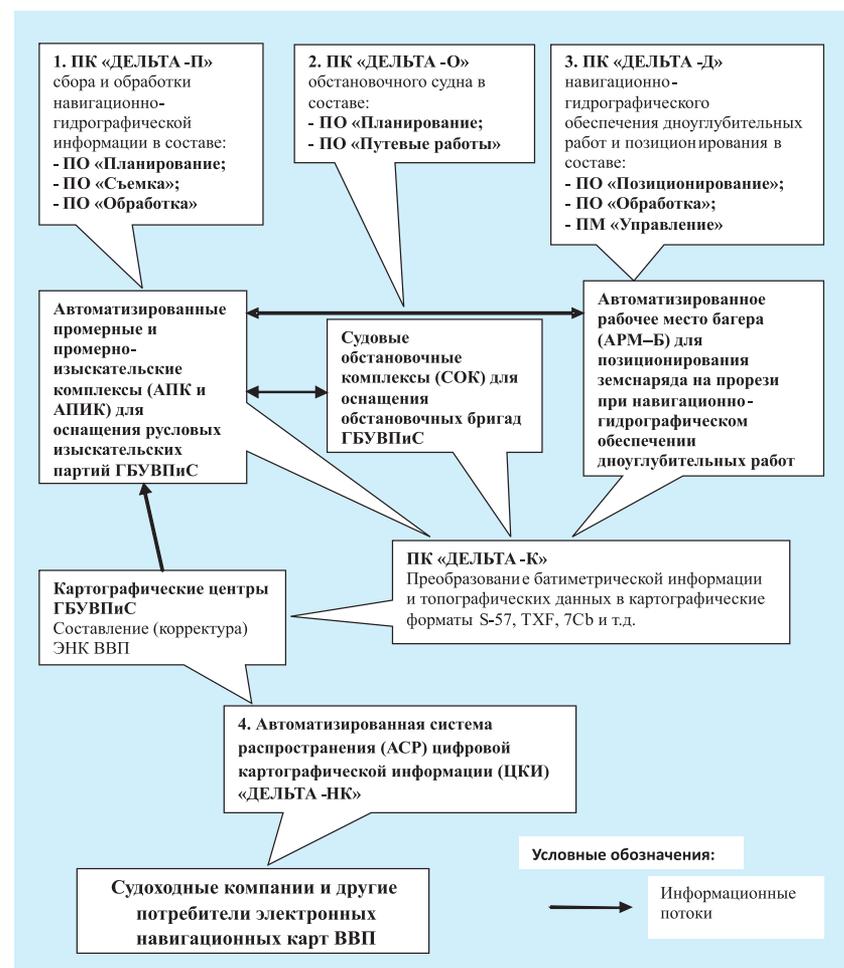


Рис.1. Структурная схема технологии «Дельта»

Судовой обстановочный комплекс (СОК) – новая разработка ЗАО «Транзас» 2009 г., являющаяся развитием АПК, с которой она унифицирована с ним по программно-аппаратным средствам.

СОК предназначен для сбора и обработки навигационной и гидрографической информации при производстве путевых работ на ВВП в целях контроля состояния судовых ходов и их навигационного ограждения в интересах навигационно-гидрографического обеспечения безопасности плавания на внутренних водных путях и корректуры электронных навигационных карт.

СОК в составе с ПК «Дельта-О» обеспечивает автоматизированное проведение полного цикла мероприятий при производстве путевых работ на заданном участке водной акватории, в том числе:

- проектирование путевых работ;
- расстановку плавучего навигационного ограждения в точки с заданными координатами;
- контроль местоположения плавучего навигационного ограждения;
- составление отчетных документов выполненных путевых работ;
- использование механизма отображения электронных навигационных карт ВВП;

– передачу координат устанавливаемого навигационного ограждения по каналу связи в службу пути.

Разработанный унифицированный ряд судовых обстановочных комплексов, состоящий из шести различных модификаций аппаратно-программных средств, позволяет по желанию потребителя подобрать оптимальный состав комплекса в зависимости от специфики путевых условий, решаемых задач и технических требований.

Система координированного управления позиционированием (СКУП) разработана ЗАО «Транзас» в 2009 г. на основе технологии АПК, унифицирована с ним по программно-аппаратным средствам и является составным элементом в составе автоматизированного рабочего места багера (АРМ-Б) для позиционирования земснаряда на прорези при навигационно-гидрографическом обеспечении дноуглубительных работ. Ядром СКУП является программный комплекс «Дельта-Д».

Задачами СКУП являются:

- трассирование эксплуатационных землечерпательных прорезей, вынос их в натуру;
- составление укрупненных планов прорезей и подсчет объемов дноуглубительных работ;

– позиционирование и ориентация земснаряда на прорези на основе использования аппаратуры СНС ГЛО-НАСС\GPS;

– контроль основных параметров при работе земснаряда в режиме реального времени;

– выработка рекомендаций оператору по перемещению якорей и изменению длин швартовых тросов для перемещения земснаряда в заданную точку;

– подготовка цифровых данных для корректуры ЭНК в стандарте S-57 в соответствии с РД-152-012-01.

Автоматизированная система распространения цифровой картографической информации ВВП РФ (АСР ЦКИ «Дельта-НК») (НК – навигационная карта) разработана ЗАО «Транзас» для дальнейшего развития системы обеспечения безопасности судоходства на ВВП и автоматизации процессов сбора, хранения, распространения, тиражирования и защиты ЭНК внутренних водных путей, включая процедуры их периодической корректуры.

Основной задачей АСР ЦКИ «Дельта-НК» является повышение эффективности обеспечения потребителей цифровой картографической информацией и электронными документами. Решение указанной задачи достигается за счет автоматизации функций накопления цифровой картографической и документальной информации, автоматического предоставления их пользователю по поступающим запросам, применения современных средств автоматизации, автоматизации обмена данными между центрами обеспечения ЦКИ и потребителями цифровой картографической информации и электронных документов.

АСР ЦКИ «Дельта-НК» реализует следующие функции:

– сбор цифровых баз данных, цифровой картографической информации и электронных документов, полученных от организаций-разработчиков картографической продукции;

– репликация цифровых хранилищ картографической и документальной информации между отраслевым и региональными центрами;

– сбор электронных запросов от региональных центров АСР ЦКИ и потребителей цифровой картографической информации и электронных документов;

– регистрация и учет полученной входной и выходной информации;

– накопление цифровой картографической информации и электронных документов в цифровых хранилищах;

– организация и ведение электронных каталогов всех видов цифровой кар-

тографической информации, обрабатываемой в АСР ЦКИ;

- ведение центрального банка данных ЦКИ и электронных каталогов;
- архивация центрального банка данных с ЦКИ и электронных документов;

– формирование массивов ЦКИ, электронных документов и пространственных данных для представления потребителю;

- тиражирование ЦКИ и электронных навигационных пособий на твердые носители для последующего распространения;

– обеспечение защиты информации, хранящейся в центральном банке данных от несанкционированного доступа и копирования;

- обеспечение защиты передаваемых в каналы связи массивов от искажения и подмены;

– доведение цифровой картографической информации до региональных центров распространения ЦКИ и потребителей.

Структурно АСР ЦКИ включает в себя трехуровневый комплекс технических и программных средств, расположенных на объектах Росморречфлота (рис. 2 – 4).

Отраслевой (ведомственный) центр АСР ЦКИ устанавливается и функционирует в головном подразделении Росморречфлота или в организации, действующей по его поручению.

Региональный центр АСР ЦКИ устанавливается и функционирует в цифровых картографических центрах, а также может размещаться в ГБУВПиС.

Пользовательский уровень АСР ЦКИ устанавливается и функционирует в ГБУВПиС, осуществляющих поставку цифровых баз данных ВВП и ЭНК ВВП, которые могут также являться потребителями и распространителями ЦКИ, а также в организациях-распространителях ЦКИ и у потребителей ЦКИ (береговых и бортовых). Поставка цифровых баз данных включает также цифровую батиметрическую информацию, полученную по результатам русловых изысканий, проводимых ГБУВПиС с использованием автоматизированных промерных изыскательских комплексов АПК и АПИК.

Внедрение такой системы в инфраструктуру Росморречфлота позволит повысить эффективность, надежность и оперативность доведения электронной картографической информации и корректурных данных до потребителей. ■

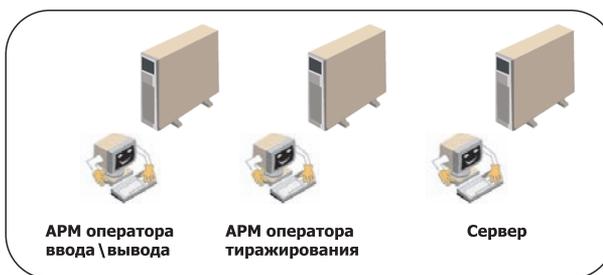


Рис. 2. Отраслевой (ведомственный) центр АСР ЦКИ

Отраслевой центр АСР ЦКИ



Рис. 3. Региональный центр АСР ЦКИ

Региональный центр АСР ЦКИ



Рис. 4. Пользовательский уровень АСР ЦКИ

СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА ЛЕДОКОЛОВ

Т.А. Аналько, инженер,
Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. 8 921 3227471

Разработка морской техники для освоения Арктики – одна из наиболее актуальных задач, в решении которых Россия играет ведущую роль [1–3]. Однако к настоящему времени мало исследованы общая взаимосвязь проектных характеристик, структура масс и ее изменение по диапазону длин, задача общей компоновки функциональных объемов на ледоколах.

В моделях проектного анализа ледоколов должна отображаться взаимосвязь их функциональных свойств и структурных характеристик. Модели должны включать подмодели оценки эффективности, тогда они позволят получить оптимальные проектные решения, предназначенные для последующего создания эффективных ледоколов [4,5]. При этом ведущую роль будут играть подмодели ледопроеходимости, описывающие взаимосвязь рабочей скорости и толщины преодолеваемого льда, ледовой прочности, ледовой маневренности. Важное значение имеют также общая компоновка, компоновка двигательного комплекса, форма корпуса, вопрос об измерителях нагрузки. Все эти оценки необходимо делать на базе общей теории проектирования судов и на основе приложения этой теории к судам ледового плавания [6–8].

Специалисты по ходкости, энергетике и прочности ледоколов предложили значительное число формул для оценки ледовой ходкости и ледопроеходимости [9–12]. Однако в работе Б.П. Ионов и Е.М. Грамузова [10] показано, что большинство ранее предложенных моделей дает совпадение с данными натурных и модельных экспериментов не во всем диапазоне учитываемых параметров [10]. На рис. 1 и 2 сопоставлены расчеты по предложенным аналитическим моделям с данными натурных экспериментов. Цифрами обозначены формулы следующих специалистов: 3 – В.И. Каштелян, 5, 6 – И. Левис и Р. Эдвардс, 1970 и 1972 гг., 12 – З.Б. Сегал, 13 – Д. Картер, 14 – В.А. Зуев, 15 – С.Х. Лук, 16 – Г. Линдквист. На рис. 1 (для морского ледокола) только кривые 3 и 16 хоть как-то сближаются с данными натурных экспериментов, но и то имеют несколько иной характер. На рис. 2 (для речного ледокола) расхождения еще более существенны.

Практические соотношения между скоростью и толщиной льда могут быть представлены сравнительно простыми графиками [11].

Важно найти такую модель работы ледокола, которая давала бы результаты, совпадающие с упомянутыми графиками и, тем самым, с реальной практикой.

При создании работоспособной модели ледопроеходимости необходимо отказать от многочленных формул, так

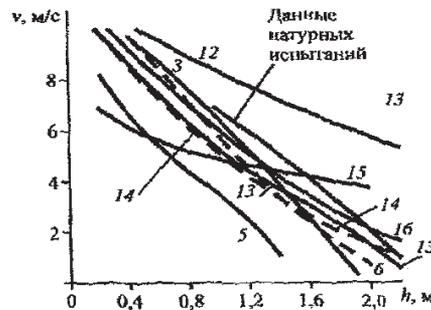


Рис. 1. Кривые ледопроеходимости ледокола «Арктика» (пр. 1052)

как в большинстве методик многие явления фактически отражены избыточно и многократно.

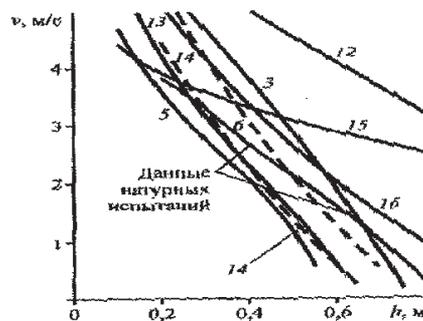


Рис. 2. Кривые ледопроеходимости ледокола типа «Капитан Чечкин» (пр. 1105)

Для создания работоспособной модели наиболее желателен энергетический подход, логичнее всего совмещаемый с требованиями теории подобия и размерностей [13,14]. В конечном счете, важно учесть тот факт, что процесс разрушения льда в результате продвижения ледокола един. Исходным источником энергии для этого процесса являются двигательный комплекс ледокола, создаваемая им сила упора, и химическая энергия, скрытая в запасе топлива или в ядерном горючем.

После раскалывания ледяного поля, разрушенные льдины нередко затаскиваются под днище струями, которые по данным хорошо известных опытов сперва ориентированы по ватерлиниям, а затем по батоксам, после чего в диаметральной плоскости происходит их сталкивание, взаимное отражение и движение к бортам.

Предпосылки для создания рациональной модели. Энергетическая модель

работы ледокола может быть сформирована на базе таких предпосылок:

1. В основу размерности модели должна быть положена «сила», базовой характеристикой – сила упора на швартовах, поскольку при реальной работе ледокола во льдах существенная часть именно этой величины создает силу, разрушающую льды.

2. Для изучения роли скорости в процессе взаимодействия ледокола с ледяным массивом необходимо установить, как меняется реальный упор от максимума при малой скорости до рабочей точки, соответствующей скорости на свободной воде. Соответствующие зависимости могут быть получены из анализа базы данных, в которых величины упора, мощности и скорости сбалансированы на основе оптимизационных подходов [13,15].

3. Чтобы выделить эффективную силу для ломки льдов из функции располагаемого упора, надо вычесть функцию силы гидродинамического сопротивления. При построении модели надежней всего пользоваться экспоненциальной интерпретацией, которая на начальном участке сходна со степенной функцией, но при полном развитии имеет точку перегиба, максимум, затем еще одну точку перегиба и далее – участок затухания.

4. Располагаемый ледокольный упор \bar{P} удобнее всего представить в относительной форме, вычитая из единицы квадратичную функцию относительной скорости V^2 . При определении относительной скорости за единицу принимается скорость ледокола на свободной воде $\bar{P} = 1 - V^2$. (1)

5. Со стороны ледяного массива сила упора противостоит сила сопротивления, в которой физически определяющую роль играет модуль прочности льда E . Некоторый разбой в определении этой величины можно устранить понятием относительного модуля \bar{E} , при котором за базу берется обсуждаемая величина для пресноводного льда и молодого морского льда. Для старых морских льдов относительный модуль будет зависеть от толщины льда, которую методически удобно брать тоже в относительной форме $h_{л1}$. Действительно, некоторые толщины льда значительной величины создаются только в результате многолетней структуризации, при этом их относительная

прочность понижается. Изучение практических данных позволяет применять для морских льдов соотношение:

$$\bar{E} = (\bar{h}_L)^{-0,25}, \quad (2)$$

при этом для речного льда $\bar{E} = 1$.

6. Все исследователи ледовой ходкости в качестве главных параметров принимают толщину льда h_L и ширину ледокола B . В простейшем случае можно за базовую опорную площадь при контакте ледокола со льдами принять произведение $B \times h$. Однако внимательное ознакомление со структурой формул ледовой ходкости показывает, что роль ширины несколько больше, чем толщины льда.

Поэтому относительную безразмерную контактную площадь воздействия ледокола на ледовое поле $\bar{\omega}$ можно представить в виде

$$\bar{\omega} = \bar{h}_L^{0,75} \bar{B}^{1,25}. \quad (3)$$

Показатель 0,75 учитывает то, что, чем толще лед, тем меньшую роль играет поправка на торосистость, меньше потенциальная присоединенная масса льдов. Напротив, по ширине ледокол раздвигает льды в гораздо большей степени, образуя «пограничный слой» льдин, постепенно разрушающих друг друга. С этими льдинами уносится заметная часть энергии, затраченной ледоколом, но саму эту энергию заново учитывать не надо: она уже учтена в модели приложении разрушающей силы всей носовой оконечностью ледокола и распространением соответствующих разрушающих напряжений по всему массиву льдины.

7. В относительной форме энергетическая модель взаимодействия ледокола и льдов выглядит предельно просто:

$$\bar{P}_{ЭФ} = \bar{E} \times \bar{h}_L^{0,75} \times \bar{B}^{1,25} \quad (4)$$

Размерный аналог формулы (4) в наилучшей мере отвечает теории размерности: «сила равна давлению (напряжению), умноженному на площадь». С учетом формул (1) – (3)

$$1 - \bar{V}^2 = \bar{h}_L^{0,5} \times \bar{B}^{1,25}. \quad (5)$$

При этом при исследовании конкретного типа ледокола относительную ширину можно принимать за единицу, поэтому $\bar{h}_L^{0,5} = 1 - \bar{V}^2$; (6);

$$\bar{h}_L = (1 - \bar{V}^2)^2 \quad (6a)$$

Далее будет показано, что эта функция достаточно хорошо соответствует реальным графикам ледоходности, т. е. графикам зависимости рабочей скорости ледокола от толщины преодолеваемого льда [11].

8. Для молодых морских льдов и для льдов рек и озер величина \bar{E} почти не зависит от толщины льда. Ширину ледокола при относительной форме анализа можно не учитывать, поэтому

$$\bar{P}_{ЭФ} = \bar{h}_L^{0,75}. \quad (7)$$

Отсюда, с учетом формулы (1):

$$\bar{h}_L^{0,75} = 1 - \bar{V}^2; \quad (7a)$$

$$\bar{h}_L = (1 - \bar{V}^2)^{1,33}; \quad (7b)$$

Зависимость (7б) отличается от (6а)

как раз тем, что было отмечено на практике. Примером может служить график ледоходности по натурным данным для речного ледокола типа «Капитан Евдокимов» (рис.3, красным). На этом же графике видно, что показанное пунктиром решение по одной из старых теоретических формул не дает приемлемых результатов.

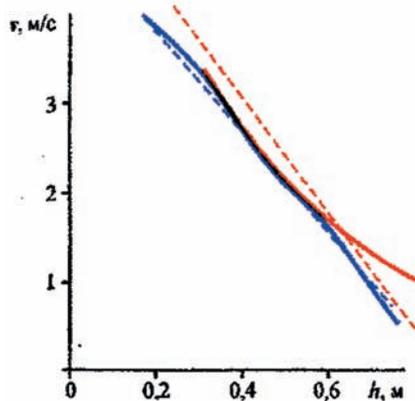


Рис. 3. Кривые ледоходности вспомогательных ледоколов: синим цветом — для морских ледоколов; красным цветом — для ледоколов, движущихся в пресноводном льду
сплошная — натурные данные; — — — — результаты расчета

9. Для связи с сформулированной модели с практическими данными необходимо вернуться к конкретизации предпосылок, ранее изложенных лишь в самом общем виде.

Для определения силы сопротивления на свободной воде R_B можно использовать данные А.Я. Рывлиной [11, с. 115]. Из них следует, что вместо графиков можно пользоваться их аппроксимацией в виде показательной функции

$$R_B = a \times 2^{V/4}, \quad (8)$$

Здесь V — скорость, уз.

При этом $a = 4,4$ для ледокола «Ленин», $a = 3,3$ для ледокола «Москва» (рис. 4), $a = 2,3$ для ледокола «Капитан Белоусов» и $a = 1,9$ для ледокола «Прончищев» [11, 16].

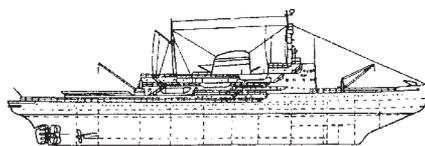


Рис. 4. Морской линейный ледокол типа «Москва»

Рассматривая главные параметры этих ледоколов, можно видеть, что коэффициент «а» пропорционален корню квадратному из полной массы D , тогда:

$$R_B = 0,033 D^{0,5} \times 2^{V/4}, \quad (8a)$$

Показатель при полной массе совпадает с таковым во «флотской» формуле мощности N :

$$N = K_{ЛЦЧ} \times D^{0,5} \times V^{2,5}. \quad (9)$$

Как известно, эта «флотская» формула была предложена в 1972 г. В.В. Ашиком, Б.А. Царевым и И.В. Челпановым на том основании, что опытный коэффициент $K_{ЛЦЧ}$ имеет для транспортных втрое меньшую колеблемость, чем широко известный адмиралтейский коэффициент [7]. «Флотской» данную формулу можно назвать потому, что она применяется не к конкретному судну при изменении его скорости, а к совокупностям судов, к их «флотам». Для судов, составляющих «флот», по мере роста числа Фруда или иного показателя относительной скорости проектант так меняет проектные характеристики (в их оптимальной совокупности), что сопротивление и мощность растут не так резко, как для единичного судна, форсирующего свою скорость за разумные пределы. Применение «флотской» формулы рядом специалистов подтвердило, что для грузовых и рыболовных судов формула (9) дает хорошие результаты. Структура же «флотской» формулы объясняется необходимостью одновременного учета чисел Фруда и Рейнольдса [17].

Для ледоколов число Фруда тем более играет подчиненную роль. Как будет далее показано в одной из формул, оптимизированных по ледоходности параметрах максимальная скорость ледокола, определяемая его энергетическим потенциалом, пропорциональна корню квадратному из толщины преодолеваемого льда.

10. Итак, зависимость (8а) дает возможность определить «силовую» часть функции, вычитаемой из полного упора. Уже отмечалось, что для ледоколов оптимум гребного винта ориентирован на рабочую скорость и эффективный упор весьма близок к швартовному упору. Падение упора от «энергетических» причин во всем интервале скоростей может быть выражено функцией, близкой к виду (8а).

При этом базой является соотношение упора на полной скорости P_c со швартовным упором $P_{ш}$. Исследования показали, что $P_c / P_{ш} = a_1$. Величина a_1 составляет в среднем 0,31 для ледоколов высшего класса («Ленин», «Москва») и 0,47 для ледоколов среднего класса («Белоусов», «Прончищев»). Тогда рабочий упор $P_{раб}$ для ледоколов высшего класса равен:

$$P_{раб} = 0,074 D^{0,5} \times 2^{V/4}. \quad (10)$$

и для ледоколов среднего класса

$$P_{раб} = 0,037 D^{0,5} \times 2^{V/4}. \quad (10a)$$

Так как при переходе к относительным упорам за базу берется швартовный упор $P_{ш}$, то видно, что отношение рабочей потенциала больших ледоколов характеризуется показателем $(1 - a_1)$ и состав-

ляет более двух третей, а у средних ледоколов он чуть больше половины. Если же потенциал рассматривается при конкретных полных массах и скоростях, то из сравнения формул (10) и (10а) видно, что у больших ледоколов этот потенциал вдвое больше, чем у средних.

11. Поскольку рабочий потенциал упора создается мощностью и двигателем, а предназначается для разгона полной массы ледокола, то необходимо сопоставить величину базового упора $P_{ш}$ с полной массой D и мощностью N . По данным [11, 18] для упоминавшихся выше ледоколов:

$$P_{ш}/D = 0,0195 \quad (11)$$

с колеблемостью около 10 % (здесь $P_{ш}$ выражено в тоннах силы, а D – в тоннах массы).

Зависимость $P_{ш}$ от мощности для ледоколов только с кормовыми винтами такая:

$$P_{ш}/N^{2/3} = 0,32. \quad (12)$$

Формула зависимости $P_{ш}$ от мощности для ледоколов, имеющих также носовые винты, изменяется, она будет выглядеть так:

$$P_{ш}/N^{2/3} = 0,24. \quad (12а)$$

В этом случае потенциал упора на передний ход несколько меньше (на 25%), но при такой схеме обеспечивается более высокая ледовая маневренность и незаклиниваемость корпуса ледокола в тяжелых льдах.

В рассматриваемом случае наиболее важен характер изменения упора P в относительной форме применительно к зависимости типа (1).

Приведенные зависимости (11), (12) и (12а) позволяют найти упор по полной массе или по мощности, либо корректировать мощность по требуемому упору. Подразумевается, что гребные винты выбираются рациональными по работе во льдах, а на свободной воде их эффективность несколько ниже.

12. Практические графики ледопроеходимости приводятся во многих работах. Их систематизация дана А.Я. Рывлиным в виде графиков [11].

Для ледоколов с пятью значениями мощностей определены граничные значения скорости V и толщины преодолеваемого льда $h_{л}$ (рис. 5).

На основе этих графиков авторами статьи получена удобная для проектных оценок зависимость ($h_{л}$, в метрах):

$$V = 16 \sqrt{h_{л}} \quad (13)$$

где $h_{л}$ – в метрах.

Формула (13) показывает, какая скорость V может быть достигнута ледоколом на свободной воде, если его энергетика приспособлена к движению во льдах конкретной толщины $h_{л}$. Но она не дает прямого ответа на вопрос, какой же должна быть сама суммарная мощность

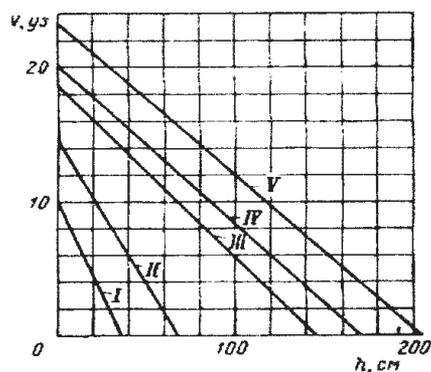


Рис. 5. Зависимость скорости ледокола от толщины льда h при мощности на валах:

I – $N = 1470 \text{ кВт}$; II – $N = 3680 \text{ кВт}$;
III – $N = 14700 \text{ кВт}$; IV – $N = 29400 \text{ кВт}$;
V – $N = 44100 \text{ кВт}$

энергетических установок ледокола. Для этого при практическом проектировании может быть применена зависимость, полученная из анализа базы данных

$$h_{л} = 0,315 \sqrt{N}. \quad (14)$$

Здесь N выражена в мегаваттах.

Эта формула соответствует колеблемости около 20 %, поскольку данные по толщине льда и по реально используемой мощности не очень стабильны. К значению вопроса о колеблемости величин при проектных обоснованиях внимание привлек В.В.Ашик [6]. «Колеблемость» не является погрешностью, так как все точки, входящие в проектные данные, достоверны, реальны и соответствуют судам, оправдывающим себя в эксплуатации. Однако каждый проектант (с учетом своего конкретного опыта) по своему видит рациональные значения отдельных проектных характеристик и их сочетания. При этом каждый проектант связан с определенными ограничениями, вытекающими из задания, составленного заказчиком проекта. Поэтому колеблемость не свидетельствует о недостатках, а показывает, что приемлемые проектные решения можно получать в достаточно широком интервале. И только очень заметные отклонения могут говорить о том, что из-за каких-либо особенностей проектного задания не удалось добиться рационального решения.

Зависимость (14) можно использовать и для определения самой паспортной мощности в качестве наиболее существенной характеристики ледокола:

$$N = 10 \times h_{л}^2. \quad (14а)$$

Например, из (14а) видно, что лед толщиной 2 м преодолеет ледокол мощностью 40 мВт, а 3 м – 90 мВт. Подразумевается, что при дальнейшем проектно-анализе мощность будет уточнена более детальными оценками, учитывающими конкретные особенности формы и энергетики проектируемого ледокола [18, 19].

Достижимая на свободной воде наибольшая скорость связана с мощностью:

$$V = 9,2 \times N^{1/4} \quad (15)$$

(с колеблемостью порядка 15 %).

13. Так как наиболее информативной характеристикой ледокола на начальных этапах проектирования является суммарная мощность, график ожидаемой ледопроеходимости, отображающий опытные данные, может быть построен на основе формул (14) и (15). Например, для ледокола мощностью 36 мВт построены опорные точки для графика, показанного на рис. 6:

$$h_{л} = 0,315 \times 6 = 1,9 \text{ м};$$

$$V = 9,2 \times 6^{1/4} = 22,6 \text{ уз}.$$

После построения графика можно узнать скорость при движении во льдах, например, при толщине 0,95 м. Эта скорость составит 11,3 уз и вполне удовлетворяет, например, условиям проводки каравана, в котором большинство судов вполне способны двигаться с заданной скоростью.

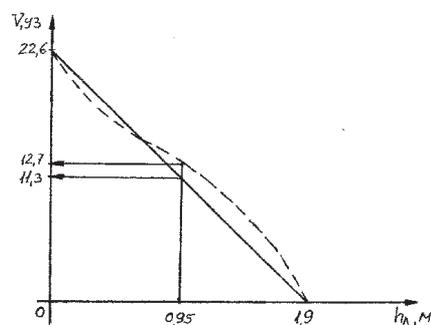


Рис. 6. Характеристика ледопроеходимости – зависимость скорости ледокола от толщины преодолеваемого льда (пунктиром показаны результаты расчета по уточненной модели, рассматриваемой далее).

Анализ ледопроеходимости в безразмерной форме. Для получения достаточной информации при построении практической диаграммы ледопроеходимости скоростной диапазон делится на четыре интервала, что дает пять точек: $0; 0,25 \bar{V}; 0,5 \bar{V}; 0,75 \bar{V}; \bar{V}$.

В соответствии с (1) $\bar{P} = 1 - \bar{V}^2$, т. е. при указанных выше относительных скоростях относительный упор: 1; 0,94; 0,75; 0,44; 0.

Относительная толщина преодолеваемого льда: $\bar{h}_{л} = \bar{P}^2 : 1; 0,88; 0,56; 0,20; 0$.

После построения графика по координатам $\bar{h}_{л}$ и \bar{V} , а также после его поворота на 90° против часовой стрелки появилась возможность более точно определить соотношение толщины льда и скорости. В рассмотренном выше примере уточненная скорость составит $11,3 \cdot \frac{0,56}{0,5} = 12,7$ уз (рис. 6).

В большинстве приведенных зависимостей тип энергетики не проявился заметным образом, так как атомные ледоколы имеют сбалансированные проектные характеристики, оптимально отвечающие поставленным задачам. Они

заняли свое достойное место на арктических линиях и показали высокую эффективность [20].

При детальном проектировании схема разработки атомных ледоколов, бесспорно, будет отличаться значительной спецификой. Уже отмечалось, что отечественная школа ледоколостроения занимает в мире ведущие позиции и пользуется значительным авторитетом [3, 18, 21]. Однако российским специалистам еще предстоит решить ряд важных практических и методических задач, совершенствовать теорию и практику создания ледоколов.

Определение параметров, обеспечивающих проектную ледопроездимость. Несмотря на достаточно стабильные соотношения ряда параметров ледоколов, при проектном обосновании необходимо от предварительной фиксации основных базовых параметров переходить к конкретным проектным расчетам. Отдельные величины могут рассчитываться в несколько приближений, поскольку их взятые ранее ориентировочные значения должны уточняться на основе полных форм проектных уравнений.

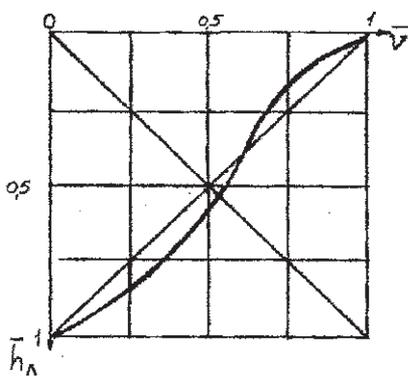
Первоначальные значения полной массы наиболее тесно связано с мощностью и скоростью. Одним из важных соотношений является формула мощности, удобная для преобразования к виду для удельной мощности:

$$N = a_2 D \times V. (16)$$

Для больших ледоколов (длиной более 100 м) $a_2 = 0,11$; для средних по длине ледоколов $a_2 = 0,14$. Если соблюдаются осредненные соотношения других важных характеристик, то можно рассчитывать, что удастся при надлежащем проектировании формы корпуса обеспечить необходимые ледовые, мореходные и эксплуатационные качества на максимально высоком уровне.

При дальнейших обоснованиях можно ориентироваться в качестве базового на найденное из формулы (16) значение величины полной массы:

$$D = N/a_2 V. (16a)$$



Далее необходимо рассчитать все составные части нагрузки и убедиться, что учтены все требуемые массы P_i :

$$D = \sum_{i=1}^{18} P_i. (17)$$

Параллельно с этим могут быть найдены главные размерения и коэффициенты. Формула для полной массы, вытекающая из закона Архимеда и уравнения плавучести, может быть преобразована к виду, удобному для определения длины:

$$D = 1,025 \times \delta \times L^3 / \left(\left(\frac{L}{B} \right)^2 \frac{B}{T} \right). (18)$$

При этом коэффициент общности δ определяется как параметр обеспечения ледовых качеств, а не как фактор ходкости (у обычных судов):

$$\delta = 0,51 \pm 15\%. (19)$$

Если имеется теоретический чертеж прототипа с благоприятными ледовыми характеристиками, то здесь и далее лучше ориентироваться на этот чертеж и на соответствующие ему коэффициенты. Вслед за этим может быть определен коэффициент полноты площади мидельшпангоута:

$$\beta = 0,81 \pm 8\%. (19a)$$

и коэффициент полноты площади ватерлинии:

$$\alpha = \delta + 0,205; (20)$$

или

$$\alpha = 0,715 \pm 5\%. (20a)$$

Стабильность коэффициентов полноты формы ледоколов основана на установленной Л.М. Ногидом явление «стихийной» оптимизации. При проектировании сходных по назначению судов проектанты на основе расчетов и опыта приходят к сходным решениям. При исследовании конкретной базы данных это и приводят к тому, что для важнейших параметров, выраженных в относительной форме, математические ожидания весьма стабильны.

Для использования формулы (18) можно ориентироваться или на прототип, или на средние соотношения главных размерений ледоколов, поскольку их разброс весьма незначителен:

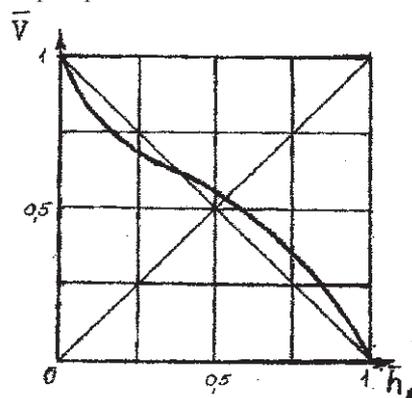


Рис. 7. Диаграмма ледопроездимости в относительных величинах (с лева – для удобства построения относительная толщина льда откладывается вниз, справа – график повернут на 90° против часовой стрелки для сопоставления с рис. 5 и 6).

$$L / B = 4,17 \pm 15\%; (21)$$

$$B / T = 2,8 \pm 15\%; (21a)$$

$$H / T = 1,45 \pm 5\%. (21b)$$

Сущность колеблемости была охарактеризована выше. Пользуясь для ледоколов формулами (19), (21) и (21a) осредненную зависимость (18) можно переписать в виде

$$D = 1,025 \times 0,51 \times L^3 / (4,17^2 \times 2,8); (22a)$$

отсюда следует

$$L = 4,52 \times D^{1/3}. (22)$$

При этом выявляется среднее для ледоколов относительное удлинение

$$l_{отн} = L / D^{1/3} = 4,52. (22a)$$

Длина, полученная на основе осредняющей зависимости (22), должна проверяться на возможность реализации компоновочных требований, то есть размещения всех необходимых отсеков и помещений. Обычно такая проверка не вызывает слишком больших затруднений, так как значительная часть помещений располагается в надстройке. При известной длине ледокола L :

$$B = 0,24 L \pm 15\%; (21b)$$

$$T = 0,36 B \pm 15\%; (21g)$$

$$H = 1,45 T \pm 5\%. (21)$$

Рассмотренные выше зависимости (21), (21a), (21b) и другие находят применение в проектной практике. Например, у недавно спроектированного ледокола «Санкт-Петербург» соотношение ширины и осадки точно соответствует математическому ожиданию (20) и (21b), а соотношение ширины с осадкой находится на верхней границе колеблемости по (21a).

Полученные значения размерений ледокола позволяют конкретно решать компоновочную задачу, размещать помещения в надстройке и корпусе, компоновать составные части двигательного комплекса, решать конструктивно-прочностные задачи.

На большинстве современных ледоколов надстройка идет от борта до борта и занимает от 40 до 60% длины ледокола. Длина машинных отделений составляет в корпусе также от 40 до 60% длины ледокола (см. рис. 4). Число палуб: две или три; число ярусов надстройки – три или четыре. Сумма ярусов и твиндеков, как правило, составляет пять. С первым ярусом надстройки обычно объединяется надстройка бака, составляющая от 37 до 60% длины ледокола.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение проектных характеристик ледоколов с учетом конкретизации их компоновочного облика позволило получить ряд зависимостей, удобных для начальных этапов проектного анализа и конкретизирующих ранее предложенные методики. Главное внимание было обращено на обоснование простой схемы оценки ледопроездимости,



Рис. 8. Морской ледокол типа «Санкт-Петербург» в процессе достройки

позволяющей, в свою очередь, при выбранном районе применения ледокола устанавливать его базовые характеристики, подбирать прототипы и поэтапно обосновывать проектные характеристики всех уровней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апалько Т.А. Задачи изучения эволюции проектных элементов ледоколов и их эксплуатационных характеристик: Сб. докл. междунар. семинара «Суда будущего». – СПб., НТО им. акад. А.Н. Крылова, 2007, с. 17 – 19.
2. Апалько Т.А., Дианова Е.Д. Обзор тенденций развития ледоколов в современных условиях // Морской Вестник. – 2007. – спец. выпуск 3 (6). – с. 15 – 18.
3. Апалько Т.А., Шагиданов В.И. Роль российских ученых в проектировании и постройке арктических ледоколов. – Мат-лы конфер. «Кораблестр. образование и наука». – СПб., СПбГМТУ, 2005, с. 15 – 19.

4. Апалько Т.А. Обзор характеристик, требующих обоснования при проектировании ледоколов: Сб. докл. конфер. «Моринтех-Юниор – 2006». – СПб., НИЦ Моринтех, 2006, с. 15 – 17.
5. Апалько Т.А. Общепроектный параметр степени ледовой защиты гребных винтов ледокола: Сб. докл. междунар. семинара «Суда будущего». – СПб., НТО им. акад. А.Н. Крылова, 2007, с. 44 – 46.
6. Ашик В.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
7. Ашик В.В., Царев Б.А., Челпанов И.В. Приближенная оценка мощности судовой энергетической установки // Судостроение. – 1972. – № 5. – с. 6 – 11.
8. Виноградов И.В. Суда ледового плавания. – М.: Оборонгиз, 1946.
9. Ионов Б.П. Ледовое сопротивление и его составляющие. – Л.: Гидрометеоздат, 1988.

10. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение, 2001.
11. Каשתелян В.И., Рывлин А.Я., Фаддеев О.В., Ягодкин В.Я. Ледоколы. – Л.: Судостроение, 1972.
12. Каשתелян В.И., Фаддеев О.В., Цой Л.Г. Выбор основных параметров ледоколно-транспортных судов // Судостроение. – 1979. – № 12.
13. Ногид Л.М. Теория проектирования судов. – Л.: Судпромгиз, 1955.
14. Ногид Л.М. Моделирование движения судна в сплошном ледяном поле и битых льдах. – Тр. ЛКИ, 1959, вып. 28, с. 179 – 185.
15. Пашин В.М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
16. Симонов Ю.А., Коваль Г.М. Тенденции развития ледоколов и транспортных судов ледового плавания // Судостроение. – 1989. – № 7. – с. 3 – 6.
17. Царев Б.А. Модульные задачи в проектировании судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1986.
18. Цой Л.Г. Морские ледоколы: Особенности проектирования. – СПб., Изд. СПбГМТУ, 2003.
19. Цой Л.Г., Богданов А.А. Математическая модель движения судна во льдах под проводкой ледокола. – Тр. ЦНИИМФ: Перспективные типы судов и их мореходные качества. – Л., Транспорт, 1983, Вып. 285. с. 95 – 99.
20. Цой Л.Г. О рациональной области применения ядерных энергетических установок на ледоколах. – Тр. ЦНИИМФ: Архитектурно-конструктивный тип, мореходные и ледовые качества транспортных судов. – СПб., 1992, с. 96 – 102.
21. Corlet E.C.B., Snaith G.R. Some Aspects of Icebreaker Design. – The Royal Institut of Naval Architects, London, 1964. ■

Понятие скейлинга в настоящее широко используется в различных областях науки и техники [1,2]. По своей сути оно означает наличие степенной зависимости между некоторой переменной величиной y и переменными величинами x_1, x_2, \dots, x_n :

$$y = A x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}, \quad (1)$$

где A – константа; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – показатели степени.

На первый взгляд, соотношение (1) – элементарно простое, тем не менее оно имеет глубокую физическую сущность. Эта сущность заключается в том, что соотношения типа (1) всегда появляются в том случае, когда рассматриваемое явление обладает свойством автомодельности. Явления или процессы называются автомодельными, если, изменяясь в пространстве и времени, они воспроизводят сами себя в изменяющихся временных

СКЕЙЛИНГОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ В ЛЕДОВОЙ ХОДКОСТИ СУДОВ

К.Е. Сазонов, д-р техн. наук, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова»,
контакт. тел. (812) 723-60-23

и/или пространственных масштабах [1]. Другими словами, при изменениях явление или процесс остаются подобны сами себе. Понятно, что скейлинг тесно связан с такими основополагающими понятиями, как подобие и размерность. Хорошо известно, что размерность физической величины является степенным одночленом.

Использование свойств автомодельности или самоподобия изучаемых процессов и явление является важнейшим инструментом в инженерной практике. Опираясь на установленную автомодельность или предполагая ее в новых недостаточно изученных ситуациях, инженер может определить характеристики ново-

по объекта по имеющимся у него данным. По сути дела все методы пересчета с прототипа основаны на неявном использовании скейлинговых зависимостей.

Особенно важно применение скейлинговых зависимостей в тех разделах теории корабля, в которых еще не существует устоявшейся системы определяющих уравнений, позволяющих проводить все необходимые расчеты. Один из таких разделов – ледовая ходкость судов.

Рассмотрим основные скейлинговые соотношения, применяемые в этом разделе. Одно из важнейших – соотношение между ледовым сопротивлением R_l и мощностью судна N . Оно задается следующей формулой:

$$R_l \sim N^{\frac{2}{3}}. \quad (2)$$

Это соотношение справедливо не только в теории ледовой ходкости судов, но и ходкости судов на чистой воде. Оно вытекает из рассмотрения основных законов работы движителей [3].

Другим основным соотношением ледовой ходкости судов является степенная зависимость ледового сопротивления от толщины h_l преодолеваемого судном льда, полученная эмпирическим путем:

$$R_l \sim h_l^k, \quad (3)$$

где показатель степени $k = 1.2 \div 1.8$ зависит от формы корпуса судна.

При проведении модельных испытаний в ледовом опытовом бассейне показатель степени k рассчитывается по следующей формуле:

$$k = \frac{\ln(R_{l1} / R_{l2})}{\ln(h_{l1} / h_{l2})}, \quad (4)$$

где R_{l1}, R_{l2} – два значения ледового сопротивления модели при постоянной скорости движения $v = \text{const}$; h_{l1}, h_{l2} – соответствующие указанным значениям ледового сопротивления толщины льда. На практике часто используется среднее значение показателя степени $k = 1,5$.

Соотношения (3) и (4) широко применяются в практике работы ледовых бассейнов для приведения экспериментальных данных к единым значениям толщины льда [4]. Дело в том, что в ледовых бассейнах принципиально невозможно приготавливать поля моделированного льда одной и той же толщины. Поэтому экспериментальные результаты, полученные в различных по толщине ледяных полях (обычно различие не превышает нескольких миллиметров), корректируются для получения сравнимых между собой данных.

Совместное использование соотношений (2) и (3) позволяет получать другие скейлинговые формулы, например, определить зависимость толщины преодолеваемого судном ровного льда от его мощности. Необходимость в такой зависимости часто возникает при обработке данных натурных ледовых испы-

таний судов. Как известно предельная ледопроеходимость и кривая ледопроеходимости судна должны определяться при его движении с использованием полной мощности главных механизмов. Однако в реальных условиях не всегда удается получить такие данные. Поэтому встает вопрос о пересчете полученных результатов на другую мощность. При натурных испытаниях для каждого исследованного режима получают средние за время выполнения режима значения скорости судна, мощности его энергетической установки и толщины льда. При выполнении пересчетов задача формулируется следующим образом: определить ту толщину льда, в котором бы могло двигаться судна с зарегистрированной скоростью при использовании полной мощности энергетической установки. Последовательное применение соотношений (2) и (3) позволяет найти требуемую зависимость:

$$h_l \sim N^{\frac{2}{3k}}. \quad (5)$$

При $k = 1,5$ соотношения (5) может быть записано следующим образом:

$$h_l \sim N^{\frac{4}{9}}. \quad (6)$$

При обработке результатов модельных и натурных экспериментов часто необходимо вводить коррекцию на несовпадение с заданной прочностью льда на изгиб. При анализе модельных данных для этой цели можно использовать переход к прямому ледовому сопротивлению (не зависящая от скорости составляющая ледового сопротивления) и, считая его пропорциональным прочности льда на изгиб, проводить коррекцию. При анализе же натурных данных такая операция трудно выполнима, так как в распоряжении исследователя имеется ограниченное число разрозненных экспериментальных результатов. В этом случае можно воспользоваться также скейлинговой зависимостью, задаваемой формулой

$$R_l \sim \sigma_f^{0,186}, \quad (7)$$

где σ_f – прочность льда на изгиб, получена в результате обработки результатов массовых расчетов по математической модели движения судна в сплошных ровных льдах [5].

Зависимость (7) иллюстрирует именно тот случай, когда автомобильные рассматриваемого явления не является доказанной, а только предполагается. Скорее всего, выражение (7) – это довольно грубая аппроксимация действительности, однако в ряде практических случаев его применение оправдано.

Еще одним примером скейлинговой зависимости, применяемой в ледовой ходкости судов, является зависимость работы A , затраченной на преодоление тороса, от объема тороса V_R , прошедшего во взаимодействие с

корпусом. Последняя величина определяется как произведение площади сечения тороса на ширину ледокола. Зависимость имеет вид:

$$A \propto V_R^{1,6}. \quad (8)$$

Эта зависимость получена в работе [6] на основании обработки результатов модельных и натурных экспериментов, ее удобно использовать для пересчета результатов модельных и натурных экспериментов на другие условия (смотри, например, [7]). Зависимость (8) также не является общепринятой. Она отражает известный в ледоведении факт самоподобия геометрических характеристик торосов при изменении их размеров [8].

Приведенные в работе примеры демонстрируют эффективность применения скейлинговых соотношений в ледовой ходкости судов. Было бы крайне важно установить скейлинговые зависимости и для других направлений морской ледотехники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баренблатт Г.И. Автомодельные явления - анализ размерностей и скейлинг. – Долгопрудный: ИД. «Интеллект», 2009. – 216 с.
2. Шмидт-Ниельсон К. Размеры животных: почему они так важны? – М.: Мир, 1987. – 259 с.
3. Басин А.М., Мунцович И.Я. Теория и расчет гребных винтов. – Л.: Судпромгиз, 1963.
4. Клементьева Н.Ю., Сазонов К.Е., Тариха Г.В., Штрамбранд В.И., Щербанков И.В. Сопоставление результатов модельных исследований различных вариантов перспективного ледокола мощностью 25 МВт. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова. – 2010. – Вып. 51(335). – С.207–218.
5. Alekseev J.N., Sazonov K.E. An Investigation into the Effects of Ice Cover Parameters upon Ship Resistance. – Proc. Int. Conf. on Development and Commercial Utilisation of Tech. in Polar Regions, Polartech-94, 22–25 March, 1994, Lulea, Sweden, p.49-55.
6. Алексеев Ю.Н., Мудров А.О., Сазонов К.Е., Старовойтов О.М. Исследование сопротивления ледоколов в торосистых образованиях. – В сб. докл. отраслевой НТК по теории корабля. – Л.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 1991, ч.2, с.31–39.
7. Куликов Н.В., Сазонов К.Е. Оценка возможности применения баржебуксирных составов при транзитном плавании по трассе Северного морского пути // Судостроение. – 2000. – №3. – С.9–12.
8. Марченко А.В. Модели торошения морских льдов // Успехи механики. – 2002. – Т.1. – №3. – С.67–129. ■

При сочетании противоречивых требований мореходности и достаточно высокой скорости проектная задача усложняется тем, что на пути к отысканию оптимума необходимо решить несколько подзадач: найти компромиссную форму обводов корпуса, обеспечить прочностные характеристики при движении на волнении, добиться минимальных масс корпуса и двигателей, создать такую структуру распределения масс, при которой инерционные характеристики благоприятно влияют на достижение плавности качки.

Соответственно одной из важных оптимизационных задач, решаемых на начальном этапе конструктивного проектирования судна, является выбор материалов для судовых корпусных конструкций, включающих в качестве главных элементов собственно корпус судна и его верхние строения. От того, насколько правильным и обоснованным будет выбор материала корпусных конструкций, во многом зависит, насколько полно судно будет удовлетворять предъявленным к нему требованиям, насколько эффективно оно будет с точки зрения эксплуатации.

Упомянутые вопросы особенно важны для скоростных спасательных катеров, быстроходных промысловых шхун (рис. 1), служебных катеров. В соответствии с современными принципами проектирования любое судно может быть представлено как система, обладающая сбалансированной совокупностью проектных характеристик. Судно как система состоит из подсистем. Судно как единое целое описывается системой уравнений – нагрузки, вместимости, ходкости, остойчивости и др. Данные уравнения содержат суммы величин и суммы произведений тех же величин на координаты, причем каждое из слагаемых относится к какой-либо подсистеме.[1, 2, 7]



Рис. 1. Промысловое судно с корпусом и верхними строениями из композиционных материалов

ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СУДОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ХОДКОСТИ И МОРЕХОДНОСТИ

М.Э. Францев, канд. техн. наук, СПбГМТУ,
контакт. тел. 8 903 7173125

Показанное на рис. 1 быстроходное промысловое судно обладает многими характеристиками, соответствующими оптимальным проектным решениям. Наряду с рациональной формой корпуса и применением композиционных материалов следует отметить наличие подруливающего устройства и благоприятную продольную центровку. При оптимизационном поиске на первом уровне декомпозиции судно рассматривается как совокупность подсистем, выделяемых по функциональному признаку, например, «Корпус», «Гидродинамический комплекс» и др. Процесс рационального обоснования объектов при проектировании судна заключается в обеспечении рациональных характеристик системы в целом путем придания определенных свойств отдельным ее подсистемам. При этом изменение свойств каждой из подсистем в той или иной степени влияет на изменение характеристик всей системы. В свою очередь, соответствие системы определенным общим требованиям обуславливает определенный уровень свойств ее подсистем. С экономической точки зрения применительно к подсистеме «Корпус» выбор материала влияет как на массу, так и на стоимость. Например, применение композитов приводит к снижению массы корпуса, но в схеме

экономического анализа надо учесть и возрастание удельной стоимости композиционных материалов. Не менее важно учесть возможность снижения мощности при экономии полной массы и соответствующего снижения массы двигателей, массы запаса топлива, цены двигателей и затрат на топливо.

Иерархия подсистем определяется их доминантностью, т.е. степенью влияния свойств той или иной подсистемы на качество системы в целом. Доминантность подсистем судна определяется внешней задачей его проектирования, критериями экономической и технической эффективности, а также доминирующими факторами предполагаемой эксплуатации и определяемыми ими граничными условиями. При проектировании судна как системы необходимо иметь четкое представление о доминирующих факторах его предстоящей эксплуатации. Правильный учет этих факторов позволяет принимать необходимые решения в процессе проектирования по определению, изменению и уточнению свойств подсистем.

В свою очередь, подсистемы первого уровня представляют набор подсистем более низкого порядка. Между смежными уровнями могут существовать однонаправленные и двунаправленные связи. На ранних стадиях проектирования подсистемы второго и дальнейших уровней декомпозиции образуют изолированные группы, замыкающиеся на одну подсистему высшего уровня [3, 8].

Для судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности подсистема «Корпус» доминирующая. Масса корпуса входит в качестве слагаемого в уравнение нагрузки и может быть выражена как

$$D = \sum P_i = P_k + \sum P_{i-1} = q_k(LBH) + \sum P_{i-1}, \quad (1)$$

где D – полная масса судна; P_i – масса i -й статьи нагрузки; P_k – масса по статье нагрузки «Корпус»; $\sum P_{i-1}$ – масса по статьям нагрузки без статьи «Корпус»; L, B, H – длина, ширина, высота борта; q_k – кубический модуль, величина которого зависит от материала корпуса.

Материал корпуса и верхних строений является подсистемой второго уровня декомпозиции по отношению к подсистеме «Корпус». Характеристики материала корпуса входят в качестве множителя в уравнение прочности: [5, 7]

$$M_{\max} = k\sigma_0 W, \quad (2)$$

где M_{\max} – предельный изгибающий момент от общего изгиба судна при наиболее неблагоприятном случае эксплуатационной нагрузки; σ_0 – предел прочности материала; k – коэффициент пропорциональности; W – момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе судна.

Предельный изгибающий момент от общего изгиба судна в наиболее неблагоприятном случае эксплуатационной нагрузки

$$M_{\max} = DL/k_1, \quad (3)$$

где D – полная масса судна; L – расчетная длина корпуса; k_1 – коэффициент пропорциональности.

Момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе

$$W = F\eta H/2, \quad (4)$$

где F – площадь поперечного сечения эквивалентного бруса на миделе; H – высота борта; η – коэффициент утилизации профиля эквивалентного бруса.

Подставив величины (3) и (4) в уравнение (2), получим выражение

$$DL/k_1 = k\sigma_0 F\eta H/2. \quad (5)$$

При рассмотрении выражения (5) можно сделать вывод о необходимости учета при выборе материала корпусных конструкций судна его полной массы, расчетной длины, высоты борта и механических характеристик материала в виде его предела прочности. Площадь поперечного сечения эквивалентного бруса судна определяется конструкцией его корпуса.

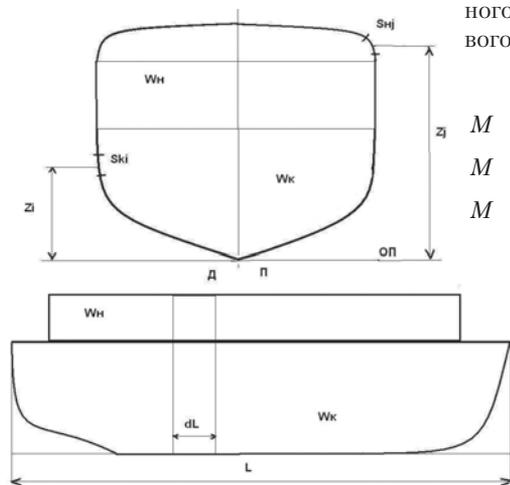


Рис. 2. Расчетная схема, иллюстрирующая возможность применения различных материалов для собственно корпуса и верхних строений

Важным аспектом, определяющим выбор материала корпуса, является учет на качественном и количественном уровне его взаимосвязей с подсистемой «Гидродинамический комплекс». Сложность обводов подводной части корпуса судна в большой степени определяется технологическими возможностями обработки применяемых материалов.

Разделим поверхность корпуса и надстройки на два участка. Первым участком будет подводная часть корпуса и часть надводного борта, вторым участком – поверхность палубы и верхних строений судна. На поверхность первого участка действует комплекс статических и динамических нагрузок. Поверхность второго участка подвергается эпизодическим внешним воздействиям нагрузок, имеющих существенно меньшую величину и принципиально другой характер. Конструкция корпуса и конструкция верхних строений обеспечивают прочность при действии соответствующих нагрузок и имеют различную площадь поперечного сечения и массу единицы поверхности.

Рассмотрим элемент поперечного сечения корпуса и верхних строений длиной ΔL . Выделим на поверхности первого участка элементарную дугу S_{ki} на поверхности первого участка S_{nj} . Отнесем к площадке $S_{ki}\Delta L$ массу всех корпусных конструкций G_i , находящихся на этой площадке, а к площадке $S_{nj}\Delta L$ – массу всех корпусных конструкций G_j , находящихся на этой площадке на втором участке. Тогда масса поверхности первого участка может быть представлена в виде

$$P_1 = \sum \sum G_i S_{ki} \Delta L. \quad (6)$$

Масса поверхности второго участка

$$P_2 = \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L. \quad (7)$$

Определим моменты относительно плоскости мидель-шпангоута и основной плоскости для каждого элементарного участка. Соответственно для первого и второго участков запишем:

$$M_{1x} = \sum \sum G_i S_{ki} X_i \Delta L; \quad (8)$$

$$M_{1z} = \sum \sum G_i S_{ki} Z_i \Delta L; \quad (9)$$

$$M_{2x} = \sum \sum G_j S_{nj} X_j \Delta L; \quad (10)$$

$$M_{2z} = \sum \sum G_j S_{nj} Z_j \Delta L. \quad (11)$$

Масса корпуса

$$P_k = P_1 + P_2 = \sum \sum G_i S_{ki} \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L. \quad (12)$$

Следовательно,

$$X_{gk} = (M_{1x} + M_{2x})/P_k = (\sum \sum G_i S_{ki} X_i \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} X_j \Delta L) / (\sum \sum G_i S_{ki} \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L); \quad (13)$$

$$Z_{gk} = (M_{1z} + M_{2z})/P_k = (\sum \sum G_i S_{ki} Z_i \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} Z_j \Delta L) / (\sum \sum G_i S_{ki} \Delta L + \sum \sum G_j S_{nj} \Delta L). \quad (14)$$

Формулы (12)–(14) показывают, что разделение всей поверхности корпуса и верхних строений на два участка, имеющих различные механические характеристики и, соответственно, различную массу элементов площади поверхности. Это позволяет изменять массу подсистемы «Корпус», применяя для этих участков различные материалы. Кроме того, это позволяет в определенных пределах управлять положением центра масс по высоте, что дает возможность управлять характеристиками остойчивости и плавности качки.

Конструктивная реализация схемы, показанной на рис. 2, представлена на рис. 3. На ней дополнительно учтены внутренние конструкции.

Как правило, при выборе конструкционного материала для судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности, проектант рассматривает два основных варианта: корпус судна изготавливается из легких сплавов или из композиционных материалов.

Применение в проектном анализе способа разделения корпуса судна на верхнюю и нижнюю части позволяет получать компримиссные варианты конструктивных решений. Например, благодаря использованию в качестве материала верхних строений композиционных материалов в сочетании с нижней частью корпуса судна из легких сплавов, можно создавать суда с повышенной весовой эффективностью. А использование в качестве материала корпуса судна стали с повышенными характеристиками прочности в сочетании с верхними строениями повышенной прочности и пониженной массой типа углепластика позволяет в дополнение к весовой эффективности судов, обеспечивать им повышенные характеристики ходкости и мореходности. Распределение материалов и подкреплений в корпусе сов-

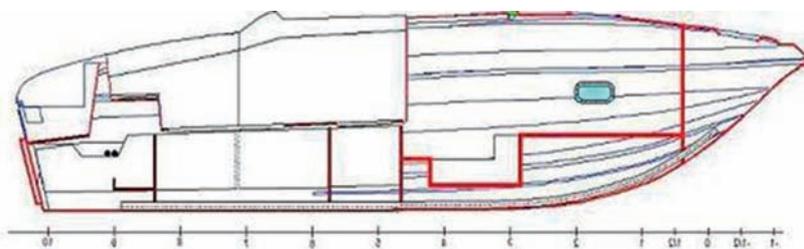


Рис. 3. Конструктивная схема корпуса из композиционных материалов

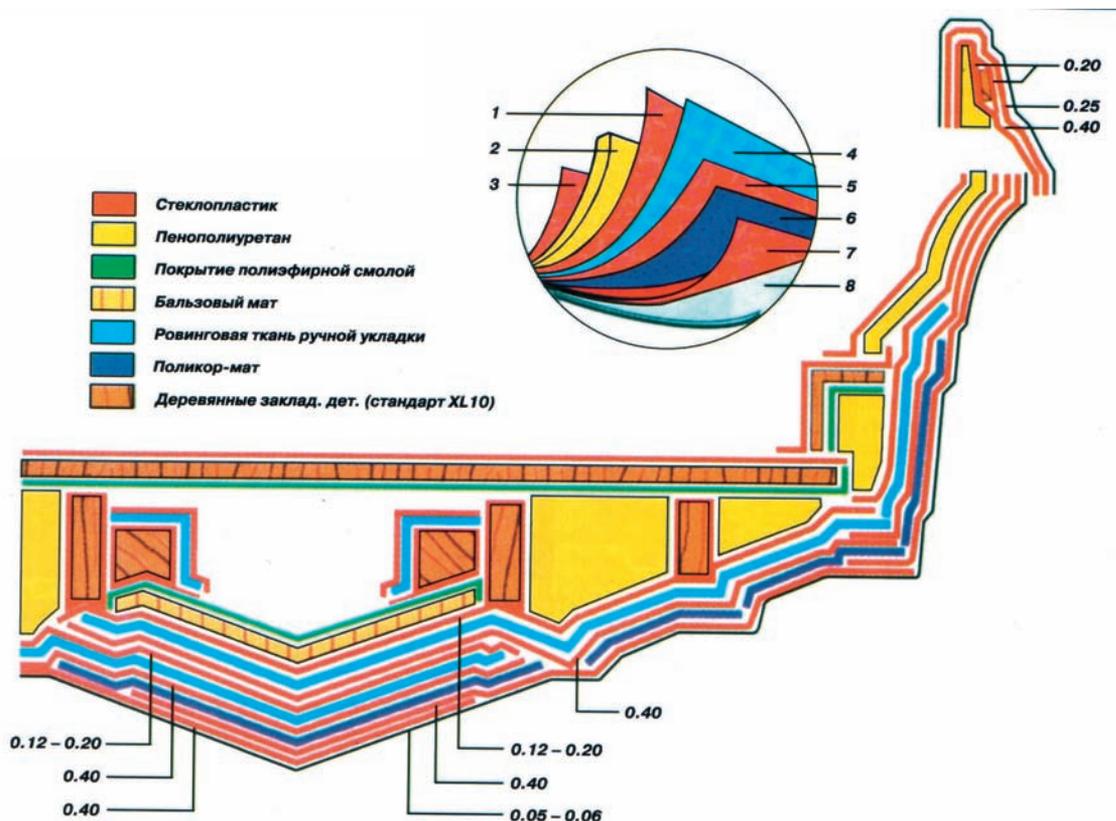


Рис. 4. Схема распределения материалов и подкреплений в корпусе современного судна из композитов
 1 – стеклопластик; 2 – пенополиуретан; 3 – стеклопластик; 4 – ровинговая ткань ручной укладки; 5 – стеклопластик;
 6 – поликор-мат из полиэфирных волокон, в который введено связующее со стеклянными микросферами; 7 – стеклопластик;
 8 – гелькоут

ременного судна из композитов иллюстрируется схемой по рис. 4.

Существенное влияние на выбор материала оказывают экономические соображения. Применение композиционных материалов для корпуса и верхних строений судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности приводит к существенному упрощению и удешевлению их постройки при одновременном сокращении ее сроков.

Для оценки экономического эффекта от применения в конструкции судна материалов с повышенными характеристиками прочности и пониженными характеристиками массы представим полную массу в виде

$$D = \sum P_i = q_k (LBH) + p_m N + p_T Nt + \sum P_{i-3}, \quad (15)$$

где D – полная масса судна; N – мощность главных двигателей; p_m – измеритель по статье «Механизмы»; p_T – измеритель по статье «Топливо»; t – продолжительность рейса; $\sum P_{i-3}$ – масса по статьям нагрузки без статей «Корпус», «Механизмы», «Топливо».

Для определения мощности судов рассматриваемой группы наименьшую погрешность дает зависимость

$$N = aDv, \quad (16)$$

где v – скорость судна; a – коэффициент пропорциональности, определяемый при анализе базы данных.

Объединение формул (15) и (16) приводит к зависимости

$$D = q_k (LBH) + ap_m Dv + ap_T Dvt + \sum P_{i-3}, \quad (17)$$

Оценим экономический эффект на примере промыслового судна, имеющего фиксированную скорость и неизменное время нахождения на промысле. Представим экономию массы корпуса в виде величины ΔP_k . Тогда из (17) можно получить уменьшение полной массы за счет уменьшения массы корпуса в виде [1, 4, 7, 9]

$$\Delta D = \Delta P_k + ap_m \Delta P_k v + ap_T \Delta P_k vt = \Delta P_k (1 + ap_m v + ap_T vt). \quad (18)$$

Формула (18) показывает, что снижение массы корпуса позволяет дополнительно снизить массу механизмов за счет снижения потребной мощности, достаточной для поддержания заданной скорости. Кроме того, дополнительно может быть уменьшен запас топлива за счет сокращения расходных характеристик двигателей. Образовавшаяся экономия полной массы может быть направлена на увеличение полезной нагрузки судна и на достижение более высоких экономических показателей.

Варьируя показатели, определяющие функции цены судна по различным статьям нагрузки, применяя в конструкции судна с повышенными характеристиками ходкости и мореходности различные сочетания композиционных и традиционных материалов, проектант может достичь максимального экономического эффекта, что вместе с обоснованными техническими решениями позволит обеспечить конкурентоспособность проекта судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Ваганов А.М. Проектирование скоростных судов. – Л.: Судостроение, 1978.
3. Гурович А.Н., Родионов А.А. Проектирование спасательных и пожарных судов. – Л.: Судостроение, 1971.
4. Короткий Я.И., Рабинович О.Н., Ростовцев Д.М. Волновые нагрузки корпуса судна. – Л.: Судостроение, 1987.
5. Краев В.И. Экономические обоснования при проектировании морских судов. – Л.: Судостроение, 1981.
6. Ногид Л.М. Теория проектирования судов. Л.: Судостроение, 1955.
7. Пашин В.М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
8. Раков А.И., Севастьянов Н.Б. Проектирование промысловых судов. – Л.: Судостроение, 1978.
9. Францев М.Э. Проектная оценка эксплуатационных нагрузок и характеристик долговечности корпусов судов из композиционных материалов // Морской вестник. – № 4(28). – С. 93 – 98.
10. Францев М.Э. Задачи и особенности проектирования рыболовных судов с повышенной скоростью // Морской вестник. – № 4(32). – С. 109 – 111.
11. Царев Б.А. Оптимизационное проектирование скоростных судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1989. ■

*Смена поколений
и потребность
в эффективности
являются движущей
силой модернизации*

В настоящее время стоит лишь осмотреться на борту современного грузового судна и с большой вероятностью увидишь мерцание монитора компьютера, и не только на ходовом мостике. Компьютеры все глубже внедряются в мир морских грузовых перевозок, увеличивается количество процессов, выполняющихся на основе информационных технологий. Программное обеспечение все чаще комбинируется и интегрируется с традиционным набором судового оборудования. Тем не менее информационные технологии в области морского судоходства пока не достигли уровня ИТ в других отраслях промышленности.

«В каждом значимом секторе судна теперь стоит компьютер, – говорит Вилько Бюшер, ИТ-администратор парка судов компании «Hartmann Schiffahrts GmbH & Co. KG», размещенной в Лере. – Обмен данными как на борту судна, так и между судном и офисом стал более модернизированным и упрощенным». Если всего десять лет назад было неплохо иметь на судне систему ИТ, то сегодня – обязательно.

В ведомстве «Бюшера 57» из почти 180 судов, входящих в состав флота компании «Hartmann», – 28 контейнеровозов грузоподъемностью от 1000 до 2700 ДФЭ, 20 танкерно-газовозов, 7 балкеров и 2 нефтеналивных судна. Начиная с 2005 г., на этих судах устанавливается компьютерная программа ShipManager компании «Germanischer Lloyd» с ключевыми функциями «Плановое техническое обслуживание» и «Управление заказами».

Сегодня почти на каждом морском судне списки грузов, личного состава, заказов и технического обслуживания ведутся с помощью ИТ. Различие между комплексными решениями, например, используемыми компанией «Hartmann», состоит в том, что они часто являются изолированными, обособленными, не синхронизированными по всему флоту судов.

Возьмем, например, техническое обслуживание: компания «Columbus Shipmanagement GmbH», управляющая 30 контейнерными судами судоходной транспортной компании «Hamburg Süd», использует программу GL ShipManager с 2006 г., включая модуль по плановому техническому обслуживанию. «Прежде наша система технического обслуживания основывалась на электронных таблицах Excel, – сообщает Матиас Гюнтер, Директор по флоту, отвечающий за его эксплуатационную надежность. – Каждое судно самостоятельно регулировало свой

МОРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ: В ПЕРСПЕКТИВЕ – НОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

*«Germanischer Lloyd»,
контакт. тел. (812) 346 8277*

график техобслуживания; хотя это и было удобно, но вело к неконтролируемому разному. Не было централизованной разработки программного обеспечения».

В настоящее время директор по флоту может контролировать потребности в техническом обслуживании каждого судна, находясь в своем офисе на улице Вилли-Брандт-штрассе в Гамбурге. «Когда я вношу изменения в описание технического обслуживания, эти новые требования вступают в силу на всех судах одновременно», – подчеркнул он.

Новые изменения в требованиях, предъявляемых к техническому обслуживанию, синхронизируются через спутник; это касается всех данных, которыми оперирует программа GL ShipManager. Морякам надлежит внимательно контролировать расходы, поскольку связь со спутником оплачивается, исходя из времени, проведенного «онлайн», тарифные ставки пока еще не везде едины. «Наши суда получили инструкции входить в систему дважды в день, когда они находятся в море, и от шести до восьми раз в день, когда они находятся рядом с берегом, чтобы получать последние обновления к графику перевозок», – говорит Матиас Гюнтер. Кроме этого, компьютерная программа управляет примерно 30 судовыми сертификатами (обычно связанными с обеспечением безопасности), которые нужны каждому судну и должны обновляться через регулярные промежутки времени. Таким образом, уверен Гюнтер, что по истечении срока действия сертификатов сюрвейеры всегда будут доступны в ближайшем порту захода.

Современные крупные судоходные компании, такие как «Hamburg Süd» и «Hartmann», являются лидерами по внедрению программ для управления судами. «Тем не менее их нельзя назвать типичными представителями своей отрасли, – говорит Торстен Бюссов, вице-президент отдела программ для морских судов «GL» в компании «Germanischer Lloyd» в Гамбурге. – Согласно опросу клиентов, проведенному компанией «GL», на данный момент судоходные транспортные компании тратят около 300 млн. евро в год на приложения для обеспечения «основных процессов морских перевозок», что составляет не более

0,7 % всех инвестиций. В компаниях нефте- и газодобывающей промышленности этот показатель составляет 3,5 %. Представители судоходной отрасли промышленности все еще в значительной степени пренебрегают программным обеспечением», – подводит итог Бюссов.

Это охотно признают представители торговых компаний и даже судоходные транспортные компании, являющиеся лидерами по внедрению информационных технологий: «Морские перевозки грузов – это бизнес, очень привязанный к традициям», – подчеркивает эксперт компании «Columbus» Матиас Понтер. Этот «взгляд изнутри» подтверждается наблюдениями главы отделения вычислительной механики в Бремерхафенском университете прикладных наук Норберта Буро, которые он ведет со своей нейтральной позиции: «Информационные технологии в различной степени проникают в отрасль морских грузовых перевозок». И причина во многом кроется в истории. «Владельцы судов часто являются практичными людьми, которые смотрят на мир информационных технологий с некоторым подозрением, – утверждает ученый. – Поэтому многие из них не признают возможные выгоды или даже необходимость в программном обеспечении».

Матиас Понтер понимает точку зрения придерживающихся традиции судовладельцев. «Как никак более 30 лет назад судами управляли безо всяких компьютеров на борту». Рост эффективности, обеспечивающей выполнение процессов как на борту, так и на берегу, благодаря интегрированной программе по управлению судном, не сразу стал очевидным. «Значительные преимущества, – говорит Норберт Буро, – становятся заметны, только если систематически наблюдать за операционным циклом судна в течение нескольких лет. После этого вы увидите, где есть скрытый потенциал».

«Единая программа по управлению судном, внедренная по всем правилам, в результате дает повышение прозрачности и эффективности, – приводит аргумент эксперт компании GL Бюссов. – Сегодня программы для морских судов включают в себя намного больше, чем системы планового техническо-

го обслуживания. Программное обеспечение позволяет нам прокладывать более безопасные маршруты в непогоду, оптимизировать размещение балласта на судне для экономии топлива, а благодаря интерактивной трехмерной модели судна, мы можем улучшить техническое обслуживание корпусных конструкций судна и тем самым продлить срок их службы.

Помимо этого программное обеспечение помогает значительно сократить усилия по контролю качества судна для фрахтователя, исключить заказ лишних запасных деталей и, таким образом, ограничить затраты на техническое обслуживание и ремонт. Кроме того, объем работ по выполнению все усложняющихся требований по техническому обслуживанию может быть сведен к минимуму с помощью интегрированной программы управления судном, поскольку гораздо быстрее и эффективнее получать информацию из базы данных программы ShipManager, чем из отдельных разрозненных файлов. Принимая во внимание все выше сказанное, затраты в сумме 10 000 евро на единое программное обеспечение для каждого судна, по оценкам Бюссова, быстро окупятся».

Всего несколько лет назад ввиду достаточно высоких прибылей особой необходимости в подобных расчетах не было. Сейчас же, во время экономического кризиса и снижения прибылей в транспортном бизнесе, судовладельцы вынуждены пересматривать технологические процессы, чтобы долгое время оставаться на лидирующих позициях. Само по себе внедрение информационных технологий не ведет к автоматизации процессов; Норберт Буро предупреждает от сверхоптимистичных ожиданий: «Первым делом нужно оптимизировать операции на борту и операции между судном и судоходной транспортной компанией. Лишь после этого вы сможете выбрать программу, которая наилучшим образом подойдет вам».

«По сравнению с балкерами, в частности, контейнерные суда и имеют большой потенциал для оптимизации, поскольку они являются частью очень сложных логистических процессов, – говорит Матиас Пюнтер. – Несколько тысяч контейнеров перевозятся на борту судна, все они имеют разное происхождение и место назначения. По пути туда и обратно судно заходит в 18 портов, где частично разгружается и загружается. В этот процесс вовлекается также весь прибрежный транспорт; поезда и грузовые автомобили должны быть в нужном месте вовремя, поскольку судно не может просто бросить свой груз на причале».

Норберт Буро дает полезную подсказку: «Чтобы вы могли с большей эффективностью воспользоваться ситуа-

цией, предоставляющей особые возможности для тех, кто не любит откладывать в долгий ящик: чем раньше вы проведете модернизацию, тем выше шансы вырваться вперед и оставить позади конкурентов. Как-никак, консерватизм – это существенная характеристика судоходного сектора, которая остается неизменной во времена кризиса».

Между тем, те из судовладельцев, кто внедрил программное обеспечение раньше других, имеют все основания для того, чтобы с нетерпением ожидать усовершенствований. Производители тоже находятся в процессе развития и вынуждены принять еще целый ряд мер, прежде чем будет достигнута зрелость стандарта «де-факто», доступной в форме SAP во многих отраслях промышленности. Являясь пользователем программы GL ShipManager, системный администратор компании «Hartmann» Вилько Бюшер с нетерпением ожидает новой версии программы, которая должна выйти в скором времени. Более всего он заинтересован в новой функции «eNOA/D» (Электронное оповещение о прибытии/отбытии), модуле управления командой, а также в функции портового растаможивания для автоматического оформления таможенных деклараций.

Функция «контроля происшествий» в программе GL все еще находится на стадии разработки, и Матиас Пюнтер, будучи главой отдела безопасности в компании «Columbus», ждет ее с нетерпением. Его перечень пожеланий к новой версии включает в себя интерфейс для внешней коммуникации, например, с органами власти или компаниями, которые не работают с данным пакетом. С другой стороны, функция синхронизации баз данных между судном и офисом судоходной компании на берегу в основном готова для работы в реальном времени.

Не следует забывать, что компания «Columbus» вот-вот представит программу по управлению командой, к оторую разработчики «GL» в Ростке создали в тесном сотрудничестве с клиентом. Привлекательность этого решения заключается в том, что программа, управляемая исключительно с берега, совместима с программой ShipManager, благодаря чему любое судно без проблем будет получать последнюю информацию о команде. «Это резко увеличит эффективность, поскольку отпадет необходимость отбирать данные о персонале из электронной почты или факсов и заново вносить их в базу данных на судне, что требует больших трудозатрат», – говорит Пюнтер.

Здесь представитель судоходной отрасли и ученый сходятся во мнении: если суда постоянно будут подключены к Интернету, это действительно приведет к резкому скачку (что в настоящее время невозможно в связи с непомерными за-

тратами на соединение по сравнению с теми же затратами на берегу). Хотя в техническом отношении это не проблема, но это абсолютно не выгодно с экономической точки зрения, поскольку судовые тарифы составляют несколько тысяч евро в месяц. Высокие затраты не может оправдать даже привлекательная возможность сразу, как только возникает необходимость, обновлять базу данных или скачивать исправленные версии программ, вместо того чтобы отсылать CD или DVD диски в порты авиапочтой и просить собственного или привлеченного извне IT-специалиста выполнить установку. Судоходная компания «Hartmann» уже имеет «широкополосный доступ в Интернет» на шести судах, за его использованием внимательно наблюдают: решены только электронные сообщения и обновления данных для мореходной карты, во всех остальных случаях линия закрыта. Более экономным подходом, чем постоянный спутниковый канал связи, будет портовый wi-fi, который в настоящее время тестируется в рамках пилотных проектов в портах Гамбурга и Бремерхафена и пр.

Отдавая дань консерватизму, Норберт Буро уверен в том, что новое поколение работников судоходных компаний предпочтет жесткие методы бизнес-администрирования традиционным методам управления. До этого нам предстоит пройти длинный путь и преодолеть «трудный, медленный процесс», вздыхает специалист, но он уверен, что пакеты программного обеспечения, отвечающие за выполнение необходимых процессов в конечном итоге займут одно из главенствующих мест в данной области.

«В любом случае в будущем не будет никакой альтернативы, – утверждает Никитас Никитакос, глава Департамента морских перевозок, торговли и транспорта в Эгейском университете, расположенном на греческом острове Хиос. – Сектору морских перевозок предстоит автоматизировать множество различных процессов, а эту задачу невозможно будет выполнить без программного обеспечения». Тот факт, что это не было достигнуто до сих пор, исследователь объясняет не столько традиционными структурами в судоходных компаниях, сколько неверными направлениями в разработке программного обеспечения: многие программы не рассчитаны на особые условия, имеющиеся на борту судна; пользовательские интерфейсы не приспособлены ни к окружению, ни к компьютерным навыкам моряков. Поэтому в его области исследований полным ходом ведутся работы по оптимизации судовых компьютерных программ.

По сути, его прогноз развития рынка выходит далеко за рамки таких косметичес-

ких корректировок: современная тенденция по созданию внутренней IT-сети между судном и офисом судоходной компании, по его мнению, находится лишь в начале длительного процесса, и является предметом интенсивного исследования, проводимого его институтом. В начале этого развития Никитакос видит динамическую бизнес-платформу, выходящую за пределы компании, «цифровую деловую экосистему» с открытой технологической и

системной архитектурой – но это потребует выполнения судоходными компаниями долгосрочного стратегического планирования.

Никитакос предсказывает, что внутри такого окружения внедрение программного обеспечения может резко повысить эффективность всего сектора морских перевозок. ■

GL Group Corporate Communications
Germanischer Lloyd | GL Noble

Denton | GL Garrad Hassan | FutureShip | GL Maritime Software
Тел. +49 (0)40-36149-4509,
факс +49 (0)40-36149-250,
pr@gl-group.com
Контактные лица:
доктор **Олаф Мазер (Olaf Mager)**
и **Стефания Норманн-Биркхольц (Stefanie Normann-Birkholz)**.
www.gl-group.com | www.gl-nobledenton.com | www.gl-garradhassan.com | www.futureship.net | www.gl-maritime-software.com

Определение масс, входящих в состав нагрузки проектируемого судна, – одна из базовых процедур процесса его проектирования, при этом наиболее существенной из них является масса корпуса.

В ходе анализа возможностей системы автоматизированного проектирования (САПР) Tribon рассматривалась задача обеспечения автоматизации расчетов нагрузки корпуса судна на этапах технического проекта и выпуска рабочей конструкторской документации. Была исследована возможность обработки данных, получаемых из САПР, с последующим автоматизированным присвоением кодов нагрузки и автоматизированным расчетом масс для определяемых пользователем элементов конструкции корпуса судна. С целью обеспечения необходимой точности имеющаяся трехмерная модель должна быть изначально проверена на корректность. Оказалось, что некоторые процессы и расчеты, необходимые для соответствующих подразделений конструкторского бюро, система Tribon способна выполнить лишь отчасти, в связи с чем было принято решение о разработке собственного приложения на базе MS Excel, способного реализовать вышеизложенные требования.

Рассматривая вопрос автоматизации расчетов нагрузки с применением системы Tribon, необходимо коснуться в первую очередь методики моделирования корпуса судна в данной САПР, основой которой является использование стандартных наименований, характеризующих следующие признаки элементов конструкции корпуса:

1) принадлежность к определенной секции судна согласно используемой для данного проекта схеме разбивки на блоки и секции;

2) тип конструкции корпуса и, как следствие, принадлежность к определенному коду нагрузки согласно ОСТ 5Р.0216-2002;

3) расположение данного элемента конструкции корпуса в пространстве судна.

В качестве примера можно привести подобный формат наименования в системе Tribon, который может быть принят в конструкторском бюро: **123-ТВН22_Р**.

Данное наименование означает, что элемент конструкции корпуса принадле-

жит к 123 секции (**123-ТВН22_Р**), тип конструкции корпуса – главная поперечная переборка, код нагрузки, согласно ОСТ 5Р.0216-2002 – 01010301 (**123-ТВН22_Р**), находится на 22-м шпангоуте по левому борту (**123-ТВН22_Р**).

Создана таблица соответствия, которая однозначно определяет принадлежность любого элемента к необходимому типу конструкции корпуса судна и, как следствие, соответствующий код нагрузки в соответствии с ОСТ 5Р.0216-2002. В состав наименования всех элементов конструкции корпуса в САПР Tribon должны входить уникальные обозначения с существующими кодами нагрузки.

В табл. 1 приведены примеры некоторых подобных обозначений.

Обратимся далее к принципу работы предлагаемого приложения. Перед

началом работы необходимо удостовериться, что завершен процесс трехмерного моделирования по тем элементам конструкции корпуса, для которых будет производиться расчет нагрузки. Таким образом, имеем трехмерную модель корпуса судна в системе Tribon, которая была создана в соответствии с приведенной выше методикой.

В главное окно из САПР Tribon импортируются следующие данные элементов конструкции корпуса: стандартное наименование, номер позиции, масса и координаты центра тяжести. Далее приложение, исходя из трехзначного обозначения в наименовании, определяет принадлежность каждого элемента к соответствующему коду нагрузки и создает таблицу, содержащую считанную из Tribon информацию и присвоенные коды. Затем производится расчет по всем

Таблица 1

Примеры обозначений кодов нагрузки, входящих в состав наименования элементов конструкции корпуса судна в САПР Tribon

Код нагрузки	Расшифровка кода	Обозначение в САПР Tribon	Расшифровка обозначения в САПР Tribon
01010101	Обшивка наружная	CHS	Curved Hull Shell
01010102	Настил второго дна	DBM	Double Bottom
...
01010105	Набор бортов продольный	LFB	Longitudinal Framework of Board
01010106	Набор бортов поперечный	TFB	Longitudinal Framework of Board
...
01010201	Палуба бака и юта	FDK	Forecastle Deck
01010202	Палуба верхняя	UDK	Upper Deck
...
01010301	Переборки главные поперечные	TBH	Transversal Bulkhead
01010302	Переборки главные продольные	LBH	Longitudinal Bulkhead
...

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

считанным кодам нагрузки, результат которого выводится в сводную таблицу.

В САПР Tribon можно создавать первичную модель корпуса судна на этапе технического проекта. Независимо от используемого для этой цели модуля САПР Tribon (Basic Design, Planar Hull, Curved Hull), основные правила моделирования и присвоения наименований панелям предполагаются неизменными, а это значит, данное приложение можно использовать не только на этапе разработки РКД, но и на этапе технического проекта. Главное условие – наличие трехмерной модели корпуса судна в системе Tribon, выполненной согласно приведенным выше требованиям.

На стадии технического проекта в данном случае появляется дополнительная возможность использования приложения – уточнять определенные на предыдущих этапах процесса проектирования лимиты нагрузки по соответствующим кодам нагрузки корпуса судна. Разумеется, параметры уточняемых лимитов будут напрямую зависеть от степени проработки первичной модели в данной САПР.

Создаваемая модель в системе Tribon подвержена ошибкам, которых порой не удастся избежать поскольку большинство исходных данных в эту САПР как и в большинство других систем автоматизированного проектирования, вводится вручную. Следовательно, необходима методика, которая позволяла бы проверять на корректность имеющуюся трехмерную модель корпуса судна. В предлагаемое приложение внедрена методика, дающая возможность пользователю выявлять подобные ошибки.

Данное приложение автоматически переводит обрабатываемые данные в более удобный для проверки формат, автоматически определяет сводные данные по выбранным элементам конструкции корпуса:

максимальные / минимальные координаты центра тяжести по осям X , Y и Z ; количество выбранных элементов и их суммарную массу. Приложение представляет также результаты расчетов в виде графических данных, а точнее в виде кривых, показывающих распределение нагрузки по длине и ширине судна, что необходимо для автоматизированного расчета эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов (рис. 1 и 2).

Таким образом, у пользователя появляется инструмент, позволяющий более эффективно и в более короткие сроки анализировать необходимые данные по корпусу проектируемого судна и выявлять ошибки, допущенные при трехмерном моделировании.

Предлагаемое приложение может применяться также в процессе согласования документации по корпусу судна, при окончательном формировании и проверке карт масс. При необходимости может быть рассмотрена возможность экспорта обработанных данных в другие программные комплексы, используемые в проектных организациях.

Предлагаемое приложение на базе MS Excel призвано повысить точность

и качество выполняемых расчетов нагрузки по корпусу судна, снизить их трудоемкость и сроки выполнения, а также согласования документации и анализа обрабатываемых данных сотрудниками проектных организаций. На текущий момент тестовая версия предлагаемого приложения успешно прошла апробацию на примере двух проектов. На рис. 3 изображена трехмерная модель корпуса одного из них, выполненная в САПР Tribon (графически выделены две секции днища, эпюры распределения нагрузки по которым приведены на рис. 2 и 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Балкашин А.И. Проектирование кораблей. – М.: Воениздат, 1954.
3. Васьедченко А.Н. Автоматизированное проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
4. Гладкий А.А., Чиртик А.А. Excel: Трюки и эффекты. – СПб.: Питер, 2006.
5. ГОСТ 2.051–2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. – Москва: Стандартинформ, 2007.
6. ГОСТ 2.052–2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. – М.: Стандартинформ, 2007.
7. Моданов А.С. Методика создания трехмерной модели и выпуска конструкторской документации корпуса корабля в системе Tribon // Судостроение. – 2009. – № 4. – С. 58–61.
8. Ногид Л.М. Теория проектирования судов. – Л.: Судпромгиз, 1955.
9. ОСТ 5Р.0216–2002. Нагрузка масс гражданских и вспомогательных судов, коды и элементы нагрузки.
10. Рождественский В.В., Борисов Р.В., Луговский В.В., Мирохин Б.В. Статика корабля: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Судостроение, 2005.
11. Рюмин С.Н., Деревянкин Ф.В. Роль масс, составляющих проектную нагрузку судов, в определении цен и других факторов конкурентоспособности при исследовании математических моделей судов. – Конфер. «МОРИНТЕХ–2008».
12. Tribon Documentation (User's Guides) – Руководство пользователя САПР Tribon. ■

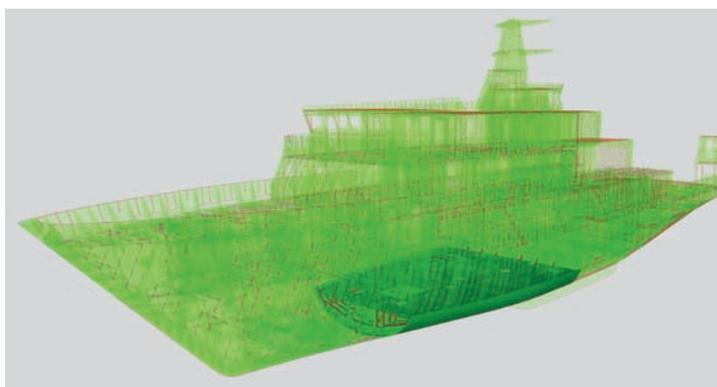


Рис. 3. Трехмерная модель корпуса судна в САПР Tribon

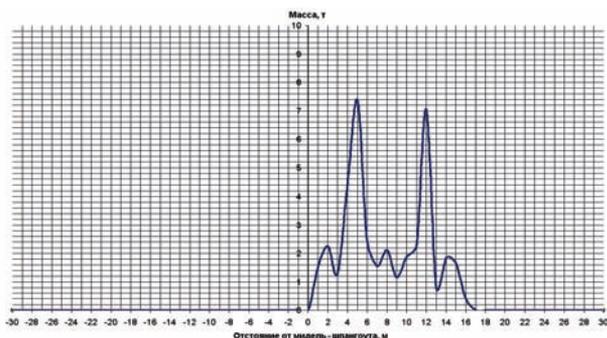


Рис. 1. Эпюра распределения нагрузки по длине судна для двух секций днища

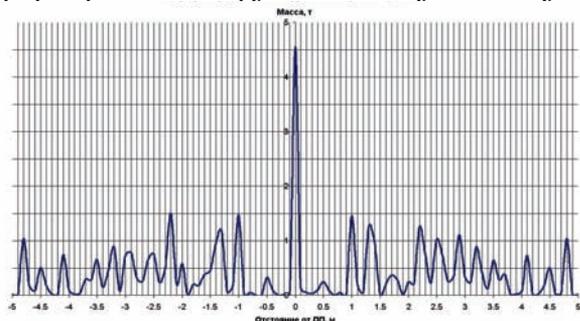


Рис. 2. Эпюра распределения нагрузки по ширине судна для двух секций днища

Создание сопроводительной документации – неотъемлемая часть продукта. От ее качества во многом зависит восприятие продукта будущим заказчиком. В действительности рынок решений, способных «закрыть» наибольший функционал при работе с документацией, не слишком широк: большинство решений нацелено на выполнение лишь нескольких необходимых задач. Компания «РТС» в свое время разработала стратегию по выводу на рынок решений, которые должны обеспечить единую информационную среду, способную сопровождать изделие на всех этапах его жизненного цикла. Таким образом, решение по автоматизации сопроводительной документации было вписано в общую стратегию компании. Для реализации такого подхода несколько лет назад была приобретена компания «Arbortext», разработавшая программный комплекс для подготовки технической документации, и компания «LBS» с набором решений по обеспечению интегральной логистической поддержки изделий. На их базе «РТС» разработала и представила концепцию Системы динамических публикаций – Arbortext Dynamical Publishing System.

В этой статье познакомим с успешным опытом внедрения решения на базе продукта «Arbortext» компании «Raymarine».

ПРЕДИСЛОВИЕ

Компания «Raymarine» – мировой производитель электронного оборудования для рынка прогулочных яхт и легких коммерческих судов. Она предоставляет широкий ассортимент морского оборудования для катеров и парусных яхт различных размеров, в том числе GPS, карт-плоттеры, VHF-приемники, цифровые эхолоты/гидролокаторы, радары, автопилотные приводы (румпельные устройства/автопилоты), спутниковое телевидение и программное обеспечение.

Отдел технических коммуникаций этой компании находится в ее головном офисе в г. Портсмут, Хэмпшир, именно здесь выпускают руководства для пользователей, которые содержат полную информацию о продуктах компании, начиная с их установки до эксплуатации и применения. Важно отметить, что «Raymarine» – транснациональная компания, поэтому ее руководства должны быть доступны на семи языках.

ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ПРОЕКТА НА БАЗЕ «ЕДИНОГО ИСТОЧНИКА ДАННЫХ»

Небольшой отдел технических коммуникаций, который в 2007 г. состоял из пяти технических писателей и одного технического оформителя, прибегнул к помощи около 50 профильных экспертов

ВЫБОР СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ И ВЫПУСКА СОПРОВОДИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ: ОПЫТ КОМПАНИИ «RAYMARINE», ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. ПОИСК ПОСТАВЩИКОВ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯМ

ООО «Ирисофт»,
контакт. тел. (812) 325 4335
ООО «РТС Ingeniring»,
контакт. тел. (499) 973 9597

для рецензирования и технического наполнения материала. Для окончательного утверждения материала привлекалась группа ключевых рецензентов по продукту, управлению проектами и качеством. Технические писатели были прикреплены к персональным менеджерам проектов, которые контролировали выполнение требований и этапы проекта.

Управление авторами было главным вопросом для отдела, так как технические писатели напрямую подчинялись персональным менеджерам. Менеджеры имели свою точку зрения на требования к документации, и при отсутствии эффективного процесса технических коммуникаций личный фактор имел огромное влияние на конечный продукт. Это, в свою очередь, привело к отсутствию единообразия и в какой-то степени к апатии внутри отдела. Инновации тоже тормозились, поскольку все сводилось к традиционным подходам в разработке и передаче технической информации.

Менеджер по техническим коммуникациям Эндрю Симпсон (Andrew Simpson), пришел к пониманию, что такие вопросы, как эффективность, единообразие и гибкость, потребуют существенных изменений в самих подходах к процессу создания документации. В частности, он хотел отойти от устаревшей идеи «написания книг». Он аргументировал свою точку зрения тем, что, хотя печатная документация, создаваемая отделом, считается руководством или книгой, конечные пользователи ее не читают, как книгу. «Джоанн Хэкос (JoAnn Hackos), всемирно известный эксперт в области информационных технологий и директор Центра

управления и разработки информации отметил: «Руководства пользователей – это не книги в их традиционном понимании, и их не читают, как книги. Поэтому написание руководства в виде повествования со вступлением, основной частью и заключением не соответствует целям использования документации. Я намерен отойти от написания томов, которые кому-то придется прочесть от начала до конца и перейти к созданию модулей содержания, которые затем будут структурированы для пользователя, чтобы он мог быстро найти решения своей проблемы или ответы на свои вопросы».

ИСХОДНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

После изучения потребностей Э. Симпсон решил, что DIT A (Darwin Information Typing Architecture) – открытый стандарт, основанный на технологии XML, будет лучшим решением, отвечающим требованиям компании, «DITA оказалась естественным выбором, учитывая необходимость в улучшении процессов планирования и защиты права собственности. Эта система позволяет писателям решать их индивидуальные задачи, и достигать цели каждой отдельной темы».

Сформировав первоначальный перечень требований, компания «Raymarine» начала искать поставщика, который смог бы предоставить необходимое решение. В числе первых поставщиков, на которых было обращено внимания, стала компания РТС (Parametric Technology Corporation), мировой разработчик и поставщик интегрированных информационных систем, которая предложила решения для

управления жизненным циклом изделий (PLM) и технической информацией, а также создания динамических публикаций. Windchill, ключевой компонент системы разработки продуктов «РТС», позволяет управлять всей информацией о продукте и бизнес-процессами в течение всего жизненного цикла изделия. С этим программным решением с помощью PDMLink был интегрирован Arbortext – решение для автоматизации создания и выпуска документации, основанное на технологии XML, разработанное специально для задач, стоящих перед «Raymarine», а именно: создания сложной, точной технической документации в отведенные сроки. Важно, что это комплексное законченное решение для технической документации предоставляется одним разработчиком.

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Компанией «Raymarine» были изучены решения различных разработчиков ПО и рассмотрены предложения, которые казались равнозначными или превосходящими предложение корпорации «РТС». По итогам изучения различных ведущих продуктов были отобраны четыре из них для более детального рассмотрения:

- Arbortext-решение «РТС»;
- Siemens TeamCenter (с XMetaL);
- издательский комплект Inmedius Publishing Suite Software;
- Ovidius TC Toolbox.

Затем компания «Raymarine» составила детальный перечень технических требований и запросила у вышеуказанных поставщиков системные предложения. Перечень технических требований

1. Создание документа:

- решение, основанное на принципе «единого источника» и стандартах, базирующихся на XML (например, DITA) в качестве основы для структурирования информации;
- инструменты для технических писателей для создания содержания в структурированной форме;
- методология разработки документации, основанная на работе с отдельными «темами»;
- система управления содержанием для управления темами;
- возможность поиска первоисточников, переориентирования и структурирования содержания.

2. Рецензирование:

- инструменты и технологии для процесса проверки;
- процессы отслеживания и управления рецензированием и окончательным утверждением;
- общий зарегистрированный вход для управления качеством продукта.

3. Перевод:

- инструменты и технология для облегчения перевода на шестнадцать языков (в том числе на нелатинские алфавиты);

- перевод DITA или эквивалентных тем, а также текстовых строк графических интерфейсов;

- интеллектуальное управление темами, опознавание связей между источником и заданными языковыми версиями;
- зарегистрированный вход для переводчиков по всему миру для доступа к содержанию;
- размещение содержания в формате, совместимом со стандартными инструментами, например TRADOS без необходимости реформатирования.

4. Издание:

автоматический процесс публикаций с главной целью – снизить участие административного ресурса при внесении незначительных изменений в документацию.

5. Контроль изменений и редактирования:

отслеживание и управление изменений, а также статуса информации, как на уровне темы, так и на уровне публикации.

6. Интегрирование систем:

- связи между темами и соответствующими им требованиями;
- ссылки на другие приложения компании Реймарин по управлению жизненным циклом изделий;
- возможность получения обновления статуса (объектов).

7. Пользователи:

открытие и управление аккаунтами пользователей с соответствующими преимуществами и полномочиями.

8. Возможность масштабирования:

Минимальные требования для возможности в будущем масштабирования решения:

- больше шаблонов;
- больше пользователей;
- интерфейсы с новыми системами;
- больше видов информации (например, база знаний);
- больше видов конечных продуктов (например, web, PDA и обучение по продуктам);
- мультимедиа (например, Flash и IsoView), интегрированные в продукты;
- доставка содержания по запросу клиента.

СРАВНЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПОСТАВЩИКОВ

Получив предложения с кратким техническим описанием решений, компания «Raymarine» начала их анализировать путем составления матрицы на соответствие возможностей каждой системы потребностям компании.

Сравнивались функциональность каждого предложенного продукта с помощью детальной таблицы возможностей поставщиков. Затем компания проанализировала уникальные или дополнительные возможности, которые не

являлись обязательными для первичного анализа, но которые придавали дополнительную ценность. У каждого продукта были свои уникальные достоинства:

- *Arbortext*: инструмент создания шаблонов оформления и механизм создания выходных данных в различных форматах;

- *TeamCenter*: по архитектуре и возможностям похож на «Arbortext», но имеет преимущество – что система уже используется;

- *Издательский комплект Inmedius*: оптимальный пользовательский интерфейс с отличными готовыми инструментами управления и технологическим процессом;

- *TC Toolbox*: замечательные возможности перевода, в том числе большая память перевода.

Затраты на проект были еще одним важным фактором при выборе, поэтому они подлежали тщательному анализу. Помимо стоимости самого программного обеспечения компания проанализировала стоимость услуг, поддержки, обслуживания, расширения и обновления (табл. 1).

Таблица 1
Необходимые условия, которые учитывались при определении полной стоимости решения

Предлагаемые услуги / ПО
Консультации/ обучение
Технология авторинга/ разработка процесса
Технология рецензирования / разработка процесса
Технология графического дизайна / разработка процесса
Технология отслеживания этапов проекта / разработка процесса
Разработка структур авторской информации
Разработка структур графической информации
Инсталляция и конфигурация
Создание DITA или эквивалента DTD
Создание GUI (XLIFF) DTD
Печатные и Web PDF шаблоны (XSLT или аналогичные)
Инсталляция и конфигурация авторского инструментария
Инсталляция и конфигурация CMG
Инсталляция и конфигурация устройства форматирования и издательского сервера
Полное интегрирование системы (под ключ)
Передача знаний (обучение тренеров)
Привилегированный пользователь на месте/ функции администратора
Авторский инструментарий
DITA/ XML (структурированный авторинг)
CSM
Функции рецензента
Функции удаленного переводчика
Обучение базе знаний
Послепродажная поддержка
Поддержка авторского инструментария
Поддержка CMG
Поддержка интегрированной системы
ПО/ Лицензии
Авторский инструментарий
Инструмент создания таблиц стилей
Лицензии на рецензирование
Лицензии на перевод
Лицензии на графический интерфейс (разработчик ПО)

Детальное сравнение систем от двух поставщиков

Возможности	Поставщик 1	Поставщик 2
Технические коммуникации/ создание графического интерфейса		
Темы DITA	•	•
Текстовые строки в графическом интерфейсе	•	•
Хранение, поиск, управление и повторного использования частей содержания	•	•
Рецензирования и согласование		
Инструментарий для предварительного рецензирования и разметки для рецензентов	•	•
Инструментарий для проверки технологического процесса, отслеживания и определения статуса работы	•	•
Перевод		
Автоматически встроенные языковые варианты содержание / карт	•	•
Хранение и повторное использование переведенных частей текста	•	•
Поддержка удаленного доступа для работы переводчиков	•	•
Опубликование/ выпуск		
Автоматическое издание (например, ступенчатая обработка посредством интеллектуального процессора)	•	•
Издание в формате PDF	•	•
Различные типы печатной продукции (например, Help и HTML)	•	--
Инструментарий таблиц издательских стилей	•	•
Авторы могут создавать схемы выпуска	•	--
Переводчики сами могут инициировать публикацию собственных документов	•	•
Отслеживание и управление технологическим процессом		
Управление технологическим процессом, отслеживание и определение статус проекта	•	•
Отчет о состоянии этапа работы	•	•

РАЗЛИЧИЯ РЕШЕНИЯ

Ключевым отличием продукта «РТС» было приложение Arbortext Styler, позволяющее создавать и поддерживать шаблоны оформления на базе XML, которые затем помогают автоматизировать процесс публикации. Эндриу Симпсон заметил: «Это позволило бы нам быстрее и проще создавать и поддерживать свою структуру и оформление текстов, по сравнению с другими продуктами, которые требуют детального знания XSLFO или других скриптов для преобразования». Так же, по его словам, большим преимуществом Arbortext стал удобный пользовательский интерфейс для разработки различной продукции.

Другим уникальным преимуществом решения «РТС» было Arbortext Publishing Engine (PE), автономная система на основе сервера, которая с помощью шаблонов оформления, созданных в Arbortext Styler, может трансформировать содержание в формате XML в различные форматы, в том числе в PDF, HTML и Microsoft Word без искажения оригинала. Симпсон добавляет: «Было два важных момента оказавших влияние на выбор продукта, и один из них – PE. Единственное, что нам надо – это удаленный сервер, который выполняет все запросы по публикациям. Когда мы заканчиваем писать, мы нажимаем на кнопку «Опубликовать» и получаем формат PDF для печати». Это также отвечает планам компании «Raymarine», планирующей создавать в будущем не только PDF-файлы.

ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР

На окончательном этапе процесса

выбора было важно сбалансировать риски, связанные с различными опциями. В табл. 3 приведены примеры факторов, которые были приняты во внимание.

В результате проведенная повторная оценка стоимости и преимуществ каждой системы показала, что разница в цене составляет всего 5–10%. Компания также тщательно изучила перспективные планы систем каждого поставщика.

Для «Raymarine» ключевыми преимуществами «Arbortext» были отсутствие необходимости в консультантах с третьей стороны и дополнительных модулях, а также наличие инструмента для правки стилей и конечного продукта. Тем не менее недостатком было то, что

новая система не будет интегрирована с другими системами компании.

Преимуществом TeamCenter явилось то, что готовая система уже существовала, ее недостатком стала отдельная оплата годового обслуживания. Э. Симпсон объяснил: «Есть различные типы продуктов TeamCenter. Например, DITA имплементация от TeamCenter является отдельным лицензированным продуктом с собственным внутренним обслуживанием, тогда как в Arbortext DITA – часть основной системы». В завершении он добавил: «С такими квалифицированными поставщиками решение было пограничным, как это и должно было быть. В конечном итоге, на нас произвели впечатление не только сам

Таблица 3

Риски и дополнительные преимущества по каждому поставщику

Поставщик 1	Комментарии	Поставщик 2	Комментарии
Дополнительные преимущества		Дополнительные преимущества	
Поставщик находится в Великобритании	- Удобно для делового общения - Возможность выезжать на место	Более низкая начальная цена Поставщик уже известен для компании	Система легко может быть интегрирована с другими системами
Единый поставщик полного решения	- Проверенное интегрированное решение - Уверенность в поддержке		
Риски	Комментарии	Риски	Комментарии
Более высокая начальная цена	- Возможность договариваться о скидке - Некоторые скидки в масштабе проекта	Поставщик находится не в Великобритании	Предполагается договор на обслуживание
Поставщик новый для компании	Система не может быть легко интегрирована с другими системами	Решение от нескольких поставщиков	- Необходим интегратор систем - Долгосрочные взаимоотношения
		Переменные расходы	Значительное увеличение расходов на второй и третий год
		Система не является базовым продуктом для поставщика	- Поставщик гарантирует полное внимание к продукту - Продукт должен стать более видимым
		Система не такая «зрелая», как у конкурентов	- Покупатель станет одним из первых пользователей продукта - Опытный системотехник

продукт, но и взаимоотношения с будущим поставщиком: месторасположение, предпродажное обслуживание, а также быстро обратная связь; все имело значение».

ВНЕДРЕНИЕ РЕШЕНИЯ

После внутрикорпоративной бизнес-презентации Совет директоров компании «Raymarine» дал старт для поэтапного внедрения.

Этап 1 (апрель–июнь 2008 г.) – выработка технических требований. Компания «Raymarine» совместно с корпорацией «РТС» составила перечень детальных технических требований для системы. Согласно выбранной стратегии, «РТС» должна была обеспечивать первоначальную поддержку на каждом этапе, а «Raymarine» взяла на себя ответственность за итоговую поставку. Например, «Raymarine» необходимы три таблицы стилей: корпорация «РТС» разработала одну таблицу, а «Raymarine» – две других, используя первую в качестве модели.

По завершении первого этапа выработки технических требований и с учетом того, что можно сделать в рамках бюджета, компания «Raymarine» перешла к следующему этапу – установка (сентябрь 2008 – март 2009 г.). По словам Э. Симпсона, данный этап прошел ровно. Этап 3 – этап конфигураций (октябрь 2008 – июнь 2009 г.), здесь возникла проблема. В то время как установки особой конфигурации Arbortext-разработка таблицы стилей и технология DITA – прошли успешно, возникли другие вопросы:

– *Возможности перевода.* Инсталлированная система не отвечала потребностям компании «Raymarine» в переводе. Тем не менее, корпорация «РТС» согласилась адаптировать систему для получения требуемой функциональности, сократив другие сервисы сайта и возместив некоторые издержки.

Поток заданий и жизненный цикл.

Так как стандартный технологический процесс не отвечал требованиям компании, и ресурсы были ограничены, «Raymarine» перешла к простому жизненному циклу без какой-либо автоматизации потока заданий, при этом компания будет работать с корпорацией «РТС» над разработкой удобной технологии для моделирования внутрифирменных жизненных циклов.

Э. Симпсон так прокомментировал это: «В ожидании появления новой функциональности, мы торопились и стали использовать решение Arbortext для существующих проектов, но без компонента управления содержанием. Это показало нам преимущества Arbortext с Publishing Engine и обеспечило данными для загрузки готового содержания и перевода в CMS, как только они стали доступны».

Этап 2b включал переустановку в марте 2009 г., в которой, по словам Э. Симп-

сона: «Обе компании вместе участвовали в переустановке системы Windchill с учетом наших потребностей для обеспечения управления переводом в CMS. Хотя это была незапланированная часть проекта, она принесла положительный опыт, так как это позволило мне получить знания по архитектуре Windchill».

После переустановки наступили стадии адаптации, тестирования и обучения. В июле 2009 г. установка системы была полностью завершена. Э. Симпсон отметил: «Хотя в процессе внедрения системы возникли некоторые сложности, корпорация «РТС» великолепно справлялась с их устранением. Когда у нас возникала проблема, они реагировали очень быстро».

Преимущества. Сразу же по завершении внедрения системы трудно говорить о каких-либо качественных преимуществах. Тем не менее есть моменты, которые особенно радуют – это эффективность и скорость, с которой Windchill ищет запросы. Э. Симпсон объясняет: «Хотя это не было обязательным ключевым условием при выборе поставщика, решение Windchill помогло внедрить центральную систематику для «Raymarine», и если хотите, то даже для всего нашего контента».

Используются различные категории для группирования различных частей системы, такие как функциональность лебедки, топлива, рулевого управления, навигации и т.д. Решение Windchill позволило компании «Raymarine» проставить тэги по всему контенту системы с помощью категорий. Например, когда пользователь ищет в категории спецификация что-либо с функцией «функция лебедки», то ему нет необходимости просматривать 17 различных продуктов по теме «лебедка». Надо просто ввести слово «лебедка» в поисковую строку Windchill, и появится контент, соответствующий функциональности лебедки с указанием области применения.

В конечном счете, пользователи системы могут легко искать то, что им необходимо, просто вбивая слово, которое они ищут, и Windchill отфильтрует контент. Э. Симпсон отмечает: «Мы можем показать, что мы сделали и как это происходит в Windchill. Вы можете видеть различные категории данных по типам (например, по продукту). Я улыбаюсь, когда думаю об этом, потому что именно для этого мы и купили программное обеспечение, и оно работает исключительно хорошо».

Экономия издержек. Хотя Э. Симпсон не может назвать точную сумму экономии издержек, однако отмечает существенное снижение затрат, необходимых для производства данных. По его оценкам, затраты на создание по времени сократились на 30 – 40%. Эти данные основаны на том факте, что сейчас в отделе на 50% меньше писателей, но объем производительности также достаточно высокий, при этом повторно использует-

ся около 40% данных, и это внушающий показатель.

МНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПИСАТЕЛЕЙ

Большинству писателей в отделе нравится новая система, хотя им пришлось многому обучаться.

Энди Вилман (Andy Wilman), технический писатель, который имеет опыт создания он-лайн контента, и обычно он выступает за преимущества CMS и тематически ориентированного подхода. «Когда пишешь инструкции для пользователей, форматирование часто отвлекает от содержания, – говорит он. – Очень удобно иметь возможность концентрироваться на сути информации. Возможность повторного использования существующей информации также очень важна, особенно если это связано с переводом на другой язык. Система управления контентом Windchill представляет собой очень гибкую и мощную платформу для управления информацией. С издательской точки зрения, возможность публиковать информацию в различных форматах без их дальнейшего форматирования также большое преимущество. В целом, подход DITA и «РТС» к типизации информации и единого источника означает более эффективный технологический процесс для писателей, сокращение издержек при переводе, и более узко-сфокусированную информацию для конечного пользователя».

Майк Картер (Mike Carter), технический писатель с 20-летним стажем, так комментирует: «FrameMaker использует сложное программное обеспечение для создания документации, в то время как Arbortext – хорошее программное решение для создания тематических материалов».

ПЕРСПЕКТИВЫ

Имея в распоряжении базовую систему, компания «Raymarine» уже находится в преддверии ряда технических усовершенствований. «В частности, мы будем рады работать с «РТС» над изучением способов усовершенствования процесса перевода, особенно когда в работе задействованы переводчики, непосредственно не работающие в компании «Raymarine».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное внедрение это лишь один пример успешного внедрения данного решения. Программный продукт Arbortext сегодня широко востребован производственными предприятиями в различных отраслях как во всем мире, так и в России, в частности, компанией «Ирисофт», платинового партнера «РТС». Сейчас ведется ряд проектов по внедрению и масштабированию решений на базе Arbortext и Windchill на производственных предприятиях Санкт-Петербурга и Северо-Запада России. ■

В текущем году коллектив нижегородского конструкторского бюро по проектированию судов «Вымпел» отмечает 80-летний юбилей. За эти годы было разработано более 500 проектов судов и плавучих инженерных сооружений различного класса и назначения, по которым на зарубежных и отечественных верфях построено свыше 6500 судов. Это суда танкерного флота, универсальные сухогрузные суда, железнодорожные и пассажирские паромы, суда и технические средства для освоения шельфа, пассажирские суда на воздушной подушке, мостопереправочные средства, вспомогательные суда для ВМФ, суда атомно-технологического обеспечения. Имея славное советское прошлое (вклад коллектива КБ в создание отечественного флота отмечен орденом Трудового Красного Знамени) и обретя опыт непростого вхождения в рынок, коллектив КБ сегодня по праву может гордиться традициями, сложившейся корпоративной культурой, позволившими ему выжить в непростых экономических и политических условиях и сегодня уверенно занимать достойное место в судостроительной отрасли страны.

Конструкторский коллектив КБ обеспечивает весь цикл инжиниринга, может обрабатывать с заказчиками любые идеи, которые они задумали к реализации, оказывает любую помощь заводам в строительстве и сдаче судов. Разумеется, на всех этапах сложного пути становления и развития коллектива, сохранения накопленного опыта в условиях глобального дефицита кадров, в особенности кадров высококвалифицированных, способных решать сложные творческие задачи модернизации российского флота, работа с персоналом требовала глубокой продуманности, принятия зачастую неординарных организационных решений, отвечающих на вызовы времени.

Задачи модернизации судостроительной отрасли, сформулированные в «Федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 гг.», требуют от конструкторских коллективов высочайшего уровня квалификации персонала, готового к включению в инновационные процессы, творческого подхода и гибкости в вопросах организации процесса проектирования и поиска нестандартных организационных решений, позволяющих работать в условиях широкой интеграции не только с отечественными, но и с зарубежными партнерами.

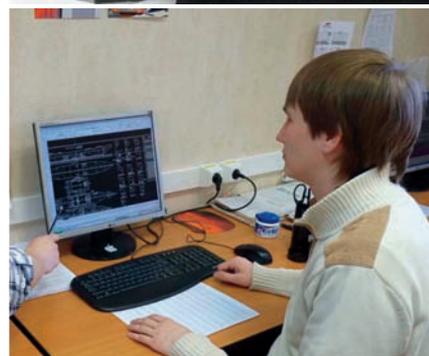
Коллектив КБ «Вымпел» готов к решению столь непростых задач во многом благодаря системному под-

КАДРОВАЯ РАБОТА - ФУНДАМЕНТ РАЗВИТИЯ КБ «ВЫМПЕЛ»

*Н.В. Шаталова-Давыдова, помощник ген. директора по персоналу
ОАО «КБ по проектированию судов «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 433-41-49*

ходу к решению вопросов кадровой политики. Еще в 90-е гг. руководство КБ принимает сложное, но, как показало время, жизненно необходимое решение – переход на использование в проектировании информационных технологий. В настоящее время, когда вопросы модернизации судостроения, использования информационных технологий и автоматизации проектирования остро поставлены руководством страны, необходимость инновационных подходов уже не вызывает сомнений. Однако в период перехода к рыночной экономике, когда конструкторские коллективы в судостроении работали с минимальным использованием технологий автоматизации, в основном вручную, такое решение казалось не просто нестандартным, а революционным. Переход к новым технологиям проектирования потребовал кардинального переворота в сознании конструктора, сделал необходимым переход к новым формам организации работы. Здесь имеется в виду не только и не столько организация процесса непрерывного обучения персонала новым приемам и программам проектирования, хотя и этот процесс тоже неоднозначный в условиях дефицита квалифицированных кадров и недостаточности финансирования. Речь идет о переходе каждого конструктора в отдельности и всего коллектива в целом к внедрению новых методов проектирования, которые в то время были реальностью только для западных фирм. Восприятие столь нестандартных идей – в тяжелом 1997 г. закупить дорогостоящую шведскую систему трехмерного проектирования Tribon и мотивировать конструкторов на ее освоение – это тяжелое испытание для любого, даже очень сплоченного коллектива. Ведь известно, что творческая обстановка в организации возможна благодаря подбору работников с творческим потенциалом, постановке перед ними задач, в решении которых они могли бы раскрыть свои способности, грамотной мотивации персонала, созданию климата уверенности и стабильности. Только системное решение этих

задач руководством бюро позволило коллективу перейти на качественно новый этап развития организации при сохранении традиций и внутренней культуры. Сегодня стали реальностью создание трехмерной модели судна, разработка по ней рабочей документации и отправка ее на завод в электронном виде. Это позволяет работать с заводами в режиме реального времени, что резко сокращает сроки создания судна, способствует интеграции с другими организациями, расположенными в разных регионах нашей страны и даже в других государствах.



Автоматизация конструкторских работ

На современном этапе развития судостроительной промышленности страны возникли новые задачи. Очевидна необходимость освоения новых секторов судостроительного рынка – проектирование судов рыбопромыслового флота, научно-исследовательских судов, крупных кораблей. Для реализации этого требуются конструкторские кадры очень высокой квалификации. В условиях же кадрового голода подготовка кадров для предприятий судостроительной отрасли особо обозначена в федеральной целевой программе «Развития гражданской морской техники на 2009 – 2016 гг.» обеспечение предприятия необходимым и достаточным количеством специалистов при обязательном сохранении критического уровня знаний – крайне сложная задача. В конце 1990 гг. численность персонала в КБ «Вымпел», как и на всех предприятиях промышленности, сократилась почти втрое. Произошло это в основном из-за ухода молодых и перспективных специалистов в возрасте до 30 – 40 лет, что нарушило ранее имевшуюся преемственность поколений и привело к отсутствию кадров «среднего возраста» на промышленных предприятиях. А поскольку период подготовки из молодого специалиста (выпускника вуза) настоящего конструктора довольно продолжительный (от трех до пяти лет), без особого подхода проблеме «отцов и детей» в конструкторском бюро не решить. Кадровые проблемы усугубляются общими непростыми проблемами высшей школы вообще и глубинными проблемами подготовки инженерных кадров для судостроительной отрасли в частности.

Осознавая все эти проблемы, в КБ еще в конце 90-х гг. была разработана и последовательно внедрялась система работы с персоналом, включающая в качестве подсистем программы подбора и адаптации персонала, непрерывного обучения и наставничества, подготовки резерва кадров, планирования, мотивации и стимулирования персонала. Каждое из этих направлений в отдельности и вся система в целом имеет в КБ «Вымпел» свои особенности, связанные с самобытностью конструктора как творческой личности



Преемственность поколений налицо

ти, с одной стороны, и своеобразием судостроительного рынка, с другой.

В наши дни, когда инновационные подходы обозначены приоритетными в масштабах страны, поддержание высокого творческого потенциала персонала конструкторского бюро становится проблемой выживания организации на инжиниринговом рынке.

Кроме того, очень актуальны вопросы реорганизации КБ и внутренне-

ция инженерных усилий нескольких конструкторских организаций. В 2009 г. реализована идея интеграции инженерных усилий ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова и «Вымпела», и уже можно говорить о положительном опыте этого альянса.

Последовательное и системное проведение кадровой политики с учетом вызовов времени позволяет говорить о коллективе КБ как стабильно

Сводные данные по основным специализациям

Квалификация	Средний возраст, лет
Руководящий состав	45
Среднее руководящее звено и высококвалифицированные специалисты	45
Конструкторы	41
Инженеры	29
Итого:	43

го распределения ресурсов под конкретные задачи, диктуемые рынком, в целях повышения эффективности управления. Речь идет не о традиционном поиске некой единственно «правильной» организационной структуры, а о диктуемой временем необходимости большей гибкости и качественной настройки организационной структуры КБ под конкретные цели и условия. Это тем более актуально, что для создания проектов сложных плавсредств требуется интегра-

и эффективно работающем. Более 10 лет КБ «Вымпел» имеет постоянный численный состав, средний возраст работников составляет 43 года, что свидетельствует о единстве инновационных подходов и опыта. Достойное место КБ «Вымпел» на отечественном инжиниринговом рынке и стабильная работа с зарубежными партнерами – свидетельство высокой квалификации конструкторского коллектива КБ, способного решать широкий спектр самых сложных задач. ■

В северных конвоях принимали участие эсминцы, построенные на «Северной верфи»: «Грозный», «Гремящий» и «Валериан Куйбышев».



Серебряный памятный знак «Северный конвой»

В канун 65-летия Победы Российским правительством было принято решение поддержать работы по техническому восстановлению крейсера «Белфаст», корабля-музея, который стоит на Темзе в центре Лондона. Обещание «привести крейсер в порядок» дал председатель российского правительства В. Путин. Россия обязалась заменить проржавевшие грот- и фок-мачты крейсера, причем провести эти работы полностью за свой счет. Реализацию задачи взяла на себя «Объединенная промышленная корпорация» («ОПК»), по поручению руководства которой «Северная верфь» была определена основным исполнителем проекта.

7 мая 2010 г. а на ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь», состоялась церемония представления британской стороне изготовленных новых грот- и фок-мачт.

В силу объективных причин история конвоев достаточно долго оставалась малоизвестной. Впервые о них мы узнали, пожалуй, из книги В. Пикуля «Реквием каравану PQ-17». Лично я помню американское кожаное пальто отца. Эти пальто входили в комплект поставок по ленд-лизу грузовиков «Катерпиллар».

Было, как известно, три пути поставок: через Дальний Восток, по Транссибирскому пути и по Северному, Баренцеву морям в Мурманск. Северный путь был самым близким и самым опасным. Настоящую охоту за караванами вели ВМС и авиация фашистской Германии. Поскольку наш Северный флот имел мало крупных надводных кораблей, за организацию конвоев и их непосредственное охранение Англии до советских портов отвечало Британское адмиралтейство. Северный флот в своей зоне усиливал охранение

ЭХО ПРОШЕДШЕЙ ВОЙНЫ

Е.Ю. Лерман, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник, академик Санкт-Петербургской Инженерной академии, советник по маркетингу ОАО «СЗ «Северная верфь», контакт. тел. (812) 324 0353

конвоев кораблями, обеспечивал их авиационное прикрытие на подходах к базам, осуществлял траление фарватеров.

В результате четырехлетнего противостояния Третий рейх потерял на севере около ста кораблей, в том числе два линкора («Тирпиц» и «Шарнхорст»), несколько эсминцев и сторожевиков, 34 подводные лодки и более 150 самолетов.

ВМС Великобритании лишились 36 боевых кораблей, в том числе двух крейсеров («Тринидад» и «Эдинбург»), 8 эсминцев, 8 малых эскортных кораблей. Советский флот потерял два эсминца, несколько сторожевых кораблей и 21 подводную лодку. Потери личного состава у немцев составили около 9 тыс. человек. У союзников погибло 2 тыс. военных и около 1 тыс. гражданских моряков. СССР получил по ленд-лизу в 1941–1945 гг. грузов на сумму 11 млрд. долл. (доля США – 96,4%), в том числе 22 150 самолетов, 12 700 танков, 8000 зенитных и 5000 противотанковых орудий, 132 000 пулеметов, 376 000 грузовиков, 51 000 джипов, 8000 тягачей, 35 000 мотоциклов, 472 млн. штук снарядов, 4,5 млн. т продовольствия, 2,1 млн. т нефтепродуктов, 1,2 млн. т химических и взрывчатых веществ, 11 000 вагонов, 2000 паровозов, 128 транспортных судов, 3 ледокола, 281 военный корабль. Всего за годы войны в северные порты СССР прибыл 41 конвой, включавший 811 транспортов. В обратном направлении отправилось 35 конвоев (715 судов). В разных источниках приведенные выше цифры несколько отличаются, но показывают грандиозность минувших событий.

Сегодня нет в живых многих участников тех конвоев. Но народы стран – участниц антигитлеровской коалиции помнят героические подвиги моряков транспортных и военных флотов. Предусматривается установка мемориальных плит участникам Северных конвоев, изготовленных в США (г. Портленд) и в Архангельске на набережной Седова. Совместным решением обеих палат конгресс штата Аляска 1 мая 2001 г. одобрил возведение монументов на Аляске, в России и Канаде в память о программе ленд-лиза. Как уже говорилось выше, в силу объективных причин даже в главном музее Великой Отечественной войны на Поклонной

горе в Москве нет ни малейшего упоминания о совместной борьбе на морях и океанах, о мужестве тех, кто с риском для жизни доставлял в СССР все необходимое для Победы.

Крейсер «Белфаст», бывший флагманом флота союзников при проводке конвоев, в 60-е г. прошлого века был выведен из боевого состава и простоял на приколе восемь лет. В отличие от традиции нашего флота, английский крейсер все это время поддерживался в образцовом порядке, а помещения для небольшого экипажа были даже заново отремонтированы и оснащены телевизорами. Тем не менее к началу 70-х гг. стало окончательно ясно, что время артиллерийских кораблей ушло. «Белфаст» ждала незавидная участь – отправиться на разделочную верфь, где уже были превращены в металлолом все его товарищи по оружию... Собственно говоря, именно тот факт, что «Белфаст» остался последним британским крейсером – участником Второй мировой войны и подвинул общественность выступить с инициативой о его сохранении в качестве корабля-памятника. Власти Лондона решили сделать из крейсера филиал имперского военного музея. Корабль ввели в Темзу и установили у набережной напротив Тауэра. 21 октября 1971 г., в годовщину Графальгарского сражения, состоялось его открытие для посетителей. С тех пор вот уже в течение четверти века «Белфаст» – одна из достопримечательностей британской столицы.

Экспозиция плавучего музея заметно отличается от экспозиции нашей «Авроры». Прежде всего посетителям доступны все «внутренности» корабля от артиллерийских погребов до командно-дальномерных постов. Повсюду расставлены манекены в форме моряков британского флота, в некоторых помещениях разыграны сценки из корабельной жизни и боевой службы. Так, в одном из отсеков в подводной части корпуса показана борьба за живучесть корабля при подводном взрыве: искореженные метал люкострукции, деревянные распорки и подкрепления, раненые матросы, мерцает огонь, журчит вода, сверху раздается грохот орудийных залпов...

Содержание «Белфаста» обходится в 2 000 фунт. стерл. в день, вход-

ной билет стоит 4 фунта. Для полной окупаемости необходимо, чтобы музей посещали по 500 человек ежедневно. По будням число посетителей значительно меньше, и крейсер-памятник приходится дотировать из бюджета и за счет добровольных пожертвований. За время почетной стоянки крейсер сильно обветшал.

Решение поручить «Северной верфи» изготовление мачт было принято неслучайно и определялось в первую очередь тем, что начиная с 1942 г. в конвоях принимали участие эсминцы, построенные на «Северной верфи»: «Грозный» (пр. 7, 1938 г.), «Гремящий» (пр. 7, 1939 г.) и «Валериян Куйбышев» (типа «Новик», 1927 г.), а также тем, что традиционно на верфи проходят ремонт корабли и суда. Среди отремонтированных и модернизированных судов особое место занимает, построенная на верфи яхта «Россия» (Управления делами Президента РФ, 2002 г.). В настоящий момент завершается ремонт большого противолодочного корабля «Вице-адмирал Кулаков» Северного флота. Опыт ремонта кораблей



Генеральный директор «Северной верфи» А.Б. Фомичев вручает закладную табличку директору королевского музея «Крейсер «Белфаст» Энди Карену В центре – Генеральный консул Великобритании Уильям Эллиот.

сборонэкспорт», позволил верфи в кратчайшие сроки подготовить производство и решить возникшие проблемы. Поставленная задача при всей

ме. Успешное выполнение работ стало возможным благодаря многолетнему планоному внедрению на верфи цифровых интеллектуальных технологий и широкому применению 3D-моделирования.

На церемонии предъявления новых грот- и фок-мачт присутствовали Генеральный консул Великобритании в Санкт-Петербурге Уильям Эллиот, ветераны северных конвоев с британской и российской стороны, руководители города и верфи, директора музеев крейсера «Белфаст» и крейсера «Аврора».

Второй этап работ – доставка мачт к месту стоянки корабля и монтаж будет проводиться после согласования соответствующих процедур. Однако уже сегодня можно предвидеть, что центр тяжести задачи сместится в сторону организационных проблем. Необходимо будет организовать доставку и минимизировать время на разгрузку и монтаж, для выполнения которых придется арендовать плавучий кран.

Можно с уверенностью констатировать, что эта новая грань военнотехнического сотрудничества послужит повышению авторитета российского судостроения на мировом рынке. ■



Новые грот- и фок-мачты

не только собственной постройки, но и постройки других верфей, среди которых – легендарный крейсер «Аврора» (1984 – 1987 гг.), корабли инозаказчика по линии ФГУП «Ро-

кажущейся простоте оказалась довольно сложной. Ажурные конструкции мачт не были обеспечены полным комплектом чертежей, а имевшиеся были выполнены в дюймовой систе-

С 20 по 25 июня 2010 г. в Казани состоялся выездной пленум Международного и Российского научно-технического общества судостроителей им. акад. А.Н.Крылова на базе ОАО «Зеленодольское ПКБ» и ОАО «Зеленодольский завод им. А.М.Горького».

На пленуме были рассмотрены научные проблемы, без которых нельзя обеспечить конкурентоспособность отечественной судостроительной продукции.

По окончании пленума было принято решение.

После окончания пленума делегация посетила соседний регион – Чувашскую республику, где участвовала в 90-летнем юбилее Чувашии и посетила музей А.Н. Крылова в деревне Крылово Порецкого района Чувашии.

ПЛЕНУМ НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

*Международное и Российское НТО судостроителей
им. акад. А.Н.Крылова»,
контакт. тел. (812) 315 5027*



Участники пленума в музее А.Н. Крылова в дер. Крылово

РЕШЕНИЕ ПЛЕНУМА НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

г. Казань 22 июня 2010 г.

Рассмотрев доклады трех региональных научно-технических обществ судостроения России – Волго-Вятского, Чувашского и Архангельского регионов, а также доклады ведущих ученых отрасли (В.Н. Половинкина, Е.И. Хлусовой, Ю.Ф. Подоплекина и Л.Е. Шарапова) Пленум Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова принял следующее решение:

1. Признать работу Волго-Вятского, Чувашского и Архангельского региональных научно-технических обществ России удовлетворительной.

2. Рекомендовать инженерам и ученым-судостроителям Волго-Вятского регионального правления научно-технического общества судостроителей принять участие в работе коллективов своих предприятий, направленной на модернизацию производственных мощностей конструкторских бюро и судостроительных заводов своего региона.

3. Рекомендовать инженерам, ученым, преподавателям вузов по судостроению в Архангельском правлении научно-технического общества судостроителей принять участие в организации Северного арктического федерального университета России и вместе с Центральным правлением НТО раз-

работать совместные проекты по арктическому судостроению с целью подготовки кадров для освоения Арктики.

4. Предложить Региональному правлению Чувашской республики совместно с Чувашским политехническим университетом и Центральным правлением НТО судостроителей составить план мероприятий к юбилею А.Н. Крылова к 1 октября 2010 г. При этом подготовить письма и документы по установке памятника А.Н. Крылову на берегу Волги в г. Чебоксары.

5. В деле выполнения «Судостроительной программы до 2016 года» повысить качество работы судостроительных научно-технических секций НТО, имея ввиду деятельность секций по инновационным программам, определившим работы ЦНИИ, КБ и верфей РФ с 2010 по 2016 гг.

6. Считать полностью скомплектованной секцию НТО «Нанотехнологии в судостроении». Отметить положительную роль руководства секцией в лице заместителя генерального директора ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» В.А. Малышевского и начальника лаборатории Е.И. Хлусовой.

7. Учесть положительную работу секции НТО «Приборное и радиоэлектрон-

ное оснащение кораблей и судов». Доклад заместителя руководителя секции Ю.Ф. Подоплекина определяет инновационное направление работы секции в настоящее время и последующие годы в судостроительной радиоэлектронике.

8. На данном пленуме не рассмотрена проблема с судового машиностроения, хотя она требует большого внимания со стороны ОСК, а также рассчитана на поддержку со стороны судостроительной общественности.

Рассмотреть проблемы судового машиностроения на конференции в октябре 2010 г. и пленуме Центрального правления НТО в 2011 г.

9. Центральному правлению НТО провести II Научно-практическую судостроительную конференцию «Единение науки и практики–2010» в октябре 2010 г. в Санкт-Петербурге. Рассмотреть вопросы проектирования, строительства и ремонта судов и кораблей в определенные сжатые сроки. Работу секций определить по специализированным направлениям: морской и судовой энергетике, судовому машиностроению, совершенствованию процессов управления жизненным циклом кораблей и судов, системам управления и эксплуатации судов и др.

Президент Международного
и Российского НТО судостроителей

В.Л. Александров



Герб
Санкт-Петербургского
Морского собрания



Санкт-Петербургское Морское Собрание

1910 1995

ОСНОВАНИЕ

ВОЗРОЖДЕНИЕ

Собрание Морское – Союз морских людей

Здесь знают, что такое
Отечество и Честь



Орденский знак
Санкт-Петербургского
Морского собрания



Орден
«За воинскую доблесть
1 степени»



Орден
«За трудовую доблесть
1 степени»



190000, Санкт-Петербург,
Английская набережная, 42
Тел.: (812) 312-70-92, 315-26-70



Орден
«За заслуги в морской
деятельности
1 степени»



Золотая медаль
«Петр I»



Серебряная медаль
«А.Н. Крылов»

А.П. Михайловский. Путешствие в молодость. Записки бывалого морехода. – СПб.: Наука, 2010. – 254 с.

По предложению Международного гидрографического бюро постановлением ЮНЕСКО с 2005 г. ежегодно 21 июня отмечается Всемирный день гидрографии. В связи с этим Гидрографическое общество Санкт-Петербурга провело заседание, на котором присутствовали многие известные гидрографы, адмиралы и офицеры военно-морского флота, представители Российской академии наук академик В.Г. Пешехонов, член-корреспондент РАН контр-адмирал А.И. Сорокин, ветераны гидрографии, преподаватели Военно-морской академии и Военно-морского института.

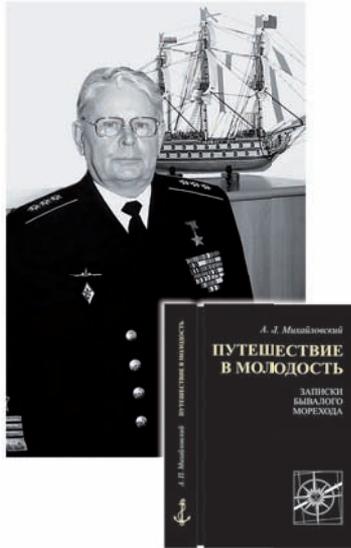
На заседании, которое вел начальник Управления навигации и океанографии ВМФ контр-адмирал С.В. Козлов, директор издательства «Наука», Санкт-Петербург, заслуженный работник культуры РФ капитан 1 ранга С.В. Вальчук представил выпущенную в июне 2010 г. новую книгу воспоминаний бывшего начальника Гидрографической службы ВМФ СССР Героя Советского Союза, академика РАЕН, доктора военно-морских наук, почетного полярника, почетного профессора Военно-морской академии, почетного члена Санкт-Петербургского Морского Собрания адмирала Аркадия Петровича Михайловского «Путешствие в молодость. Записки бывалого морехода».

А. П. Михайловскому 22 июня 2010 г. исполнилось 85 лет. Его служба в военно-морском флоте началась с должности штурмана дизельной подводной лодки, затем он был командиром ракетной атомной подводной лодки, участвовавшей в первом межтеатровом подледном переходе с Северного флота на

ЗАПИСКИ БЫВАЛОГО МОРХОДА

контакт. тел. (812) 328 4615

Тихоокеанский флот, командиром объединения стратегических ПЛ, командиром Ленинградской военно-морской базы, командующим Северным флотом и завершилась должностью начальника Главного управления навигации и



океанографии Министерства обороны СССР. Завершив действительную военную службу, Аркадий Петрович более двух десятков лет передавал свой богатый практический опыт слушателям Военно-морской академии.

В последние годы адмирал проявил свой талант в отображении опыта службы в шес-

ти книгах: «Вертикальное всплытие», «Рабочая глубина», «Адмиралтейская игла», «Океанский паритет», «Цена успеха» и, наконец, «Путешствие в молодость. Записки бывалого морехода». Все его книги – это записки о боевых товарищах, сослуживцах, учениках. В них автор талантливо обрисовал все проблемы ВМФ, все успехи и сложности боевой службы флота с точки зрения профессионального военного мореплавателя, преданного патриота своей отчизны.

В выступлениях вице-адмирала М.А. Косыченко, контр-адмиралов Л.Д. Чернавина, В.Г. Романова, президента Гидрографического общества капитана 1 ранга Н.Н. Неронова, капитанов 1 ранга Н.А. Кольшева, Н.К. Тимошенко, В.А. Варганова, А.П. Алхименко прозвучала высокая оценка деятельности адмирала А.П. Михайловского как опытного мореплавателя, командира, руководителя гидрографической службы страны, профессора, талантливого ученого.

В заключение выступила дочь адмирала – Наталия Аркадьевна Михайловская, которая поблагодарила издательство за выпуск шести книг воспоминаний, сослуживцев отца – за добрые слова о нем лично и о его деятельности, а также сообщила о дальнейших творческих планах адмирала: в 2011 г. он планирует закончить писать седьмую книгу о зарубежных плаваниях, командировках, о встречах с офицерами иностранных флотов, учеными.

Р.Н. Беркутов,
редактор издательства «Наука»

В.И. Бабий. Проблемы и перспективы измерения скорости звука в океане. – Севастополь. Изд. НИЦ «ЭКОСИ. – Гидрофизика, 2009. – 142 с.

Эта монография вышла под редакцией академика НАН Украины профессора В.А.Иванова в научной серии книг: «Современные проблемы океанологии», вып. 7.

Автор книги фактически обосновал возможности использования метрологически аттестованных датчиков для прямого измерения в морской среде универсального единого показателя оценки ее экологического состояния, скорости распространения акустических колебаний, или скорости звука.

Он показал, что результат измерения в море на глубине в заданной точке значений скорости распространения акустических колебаний (звука) одновременно характеризует температуру морской воды и гидростатическое давление, а также турбулентность, соленость (хлорность) и электропроводность; содержание кислорода и сероводорода, молекул других веществ. Наличие же в воде воздушных пузырьков, создаваемых и выделяемых фито- и зоопланктоном, многочисленными движущимися под водой биологическими и другими объектами, влияет на текущее значение скорости звука.

В ЦЕЛЯХ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

В дальнейшем для повышения точности и чувствительности таких измерений, объективно связанных с оценкой экологического состояния морской среды в точке наблюдений, автор исследовал и реализовал современные методы и средства текущих наблюдений в океане. Он отмечает, что проведенные в разные годы исследования позволили не только охарактеризовать состояние акваторий портов Ялты, Геленджика, Туапсе, Поти, Сухуми, Батуми, Одессы, но и разработать простой и относительно дешевый импульсно-циклический измеритель скорости звука, уже получивший широкое распространение.

Автором монографии дано не только теоретическое и экспериментальное обоснование, но и разработаны изобретения автономных, корабельных, судовых технических средств комплексной текущей оценки состояния гидрофизических полей в акваториях Мирового океана путем измерения скорости звука, которые защищены свидетельствами.

Им предложен и способ заметного повышения пороговой чувствительности и точности прямых измерений скорости звука в

морской среде, может достигаться путем применения время-пролетного метода, свободного от недостатков импульсно-циклического. Метод был озвучен на юбилейной, десятой Всероссийской конференции «ГА – 2010».

Преимущества этого метода подтверждены научным экспериментом, в ходе которого достигнута средняя квадратическая погрешность измерения скорости звука 2,10 – 4 м/с, что эквивалентно относительной случайной погрешности 10 – 7.

В случаях, когда исчерпаны дальнейшие возможности совершенствования индивидуальных измерителей, автор рекомендует использовать метод групповых измерений. При этом возможности объединенных акустических преобразователей шире и позволяют повысить надежность, достоверность и точность результатов прямых измерений скорости звука в океане.

Таким образом, В.И.Бабий фактически предложил несколько направлений повышения качества оценки экологического состояния морской среды в точке акватории.

Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 500 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после публикации в журнале.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе. Рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», проектирование, типы судов.

Ю.И. Рабазов, В.В. Шаталов. Конструкторскому бюро по проектированию судов «Вымпел» 80 лет // Морской вестник 2010 № 3 С. 1.

Знакомит с историей развития КБ «Вымпел», направлениями его деятельности, перспективами развития, Ил. 16.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** неатомная подводная лодка, флаг

Подъем Военно-морского флага на головной НАПЛ «Санкт-Петербург» // Морской вестник 2010 № 3 С. 11.

Сообщение о церемонии подъема Военно-морского флага на этой подводной лодке. Приведены ее основные характеристики. Ил. 3.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** ПСКР «Triglav», постройка, «СФ «Алмаз».

Корабль «Triglav» укрепляет дружбу России и Словении // Морской вестник 2010 № 3 С. 15.

О спуске на воду пограничного сторожевого корабля «Triglav» для Словении, построенного на «СФ «Алмаз». Приведены его основные характеристики. Ил. 3.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** «Петробалт», продукция

ПКБ «Петробалт» – 15 лет // Морской вестник 2010 № 3 С. 17.

Об истории и развитии ПКБ «Петробалт». Обозначены перспективы его развития.

УДК 623.8 **Ключевые слова:** службы береговых охран, корабельный состав, патрульный корабль, корабли, катера, суда, морские пространства, вооружение, оружие.

В.М. Сержанин. Тенденции развития корабельного состава служб Береговых охран иностранных государств // Морской вестник 2010 № 3 С. 19.

Окончание статьи (начало см. в №2 за 2010 г.). Знакомит с тенденциями развития служб береговых охран иностранных государств. Табл. 2.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** судовое машиностроение, судовое машиностроительное оборудование, рулевые машины, аэрофинишеры, погружные манипуляторы, устройства передачи грузов в море траверзным способом, палубные краны

А.А. Арутюнян, Д.В. Суслов, В.Д. Завирухо. В авангарде отечественного судового машиностроения. К 40-летию ЦНИИ судового машиностроения // Морской вестник. 2010. № 3. С. 25.

Обозначены основные вехи становления и развития ЦНИИ судового машиностроения. Рассмотрен технический облик широкой номенклатуры созданного совместно с Пролетарским заводом судового машиностроительного оборудования. Дан анализ проблем и намечены пути их решения для развития отечественного судового машиностроения. Ил. 4.

УДК 620.16+629.12 **Ключевые слова:** судовое комплектующее оборудование, технологичность, показатели технологичности, сборочная единица, деталь.

А.А. Арутюнян, Д.В. Суслов, В.Д. Завирухо, А.А. Георгиев. К вопросу повышения технологичности судового комплектующего оборудования // Морской вестник 2010 № 3 С. 28.

Рассмотрен системно-методологический подход к оценке и повышению уровня технологичности судового комплектующего оборудования. Библиогр. 2.

УДК 537.87:621.391.8 **Ключевые слова:** электромагнитная обстановка, переизлучающие структуры, электромагнитная совместимость

Д.В. Лазарев. Совершенствование прогнозирования электромагнитной обстановки на технических объектах морского базирования за счет учета влияния переизлучающих элементов и структур // Морской вестник 2010 № 3 С. 31.

Изложены представления об основных элементах и структурах, переизлучающих электромагнитные поля на технических объектах морского базирования (ТОМБ). Предложены математические модели, позволяющие прогнозировать спектрально-энергетические характеристики случайных контактных радиопомех, а также методика, уточняющая электромагнитную обстановку на ТОМБ за счет учета влияния переизлучающих элементов и структур. Даны рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) радиотехнических систем (РТС) на ТОМБ. Табл. 1. Рис. 9. Библиогр. 11.

УДК 623.8/9 **Ключевые слова:** навигация, безопасность, гидроакустическая станция, многолучевой эхолот

А.О. Попко, К.Б. Каравашкин. Использование многолучевых эхолотов в целях обеспечения навигационной безопасности плавания // Морской вестник 2010 № 3 С. 39.

Знакомит с возможностями многолучевого гидроакустического комплекса «Ерш-М», разработанного ЗАО «Морские навигационные системы» совместно с датской фирмой «Reson A/S». Особое внимание уделено областям ее применения. Ил. 16.

УДК 629.12.081.4.002 **Ключевые слова:** ОАО «Новая ЭРА», система распределения и управления электроэнергией, модульная структура

А.В. Морозов. Формирование и построение модульной структуры ячеек стандартного типа порядка электрораспределительных устройств // Морской вестник 2010 № 3 С. 45.

Знакомит с реализацией модульной технологии создания ЭРУ, их составом. Ил. 1.

УДК 620.9 **Ключевые слова:** водород, воздухонезависимая энергоустановка, интерметаллид, электрохимический генератор

Е.Н. Алексин, А.А. Фокин. Хранение водорода в гидриде интерметаллического соединения LaNi // Морской вестник 2010 № 3 С. 45.

Дизель-электрические энергоустановки подводных лодок не могут обеспечить значительную дальность хода в подводном положении. Поэтому актуальной задачей является создание воздухонезависимых энергоустановок на основе электрохимических генераторов. Для хранения водорода могут использоваться особые сплавы – интерметаллиды, способные обратимо сорбировать водород в широком диапазоне температур и давлений. В статье рассмотрен вариант хранения водорода в гидриде интерметаллического соединения LaNi. Табл. 2. Библиогр. 14.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** биография, СЭУ К 100-летию Н.В. Голубева // Морской вестник 2010 № 3 С. 48.

Знакомит с биографией инженера-кораблестроителя, профессора Н.В. Голубева, чья творческая жизнь была связана с ЦКБ «Балтсудопроект» и ЛКИ (ныне – СПбГМТУ) и много сделавшего для проектирования судовых энергетических установок. Ил. 2.

УДК 621.436:629.12 **Ключевые слова:** ДГУ, регулирование, ГВ, алгоритм управления

В.К. Румб, В.И. Паусов, Е.В. Чихачев. Особенности управления и регулирования судовой дизель-газотурбинной установкой // Морской вестник 2010 № 3 С. 49.

Рассмотрены требования, предъявляемые к системам автоматического управления и регулирования судовой комбинированной дизель-газотурбинной установкой. Приведены алгоритмы и способы, обеспечивающие совместную работу дизелей и дизеля с газотурбинным двигателем на гребной винт. Указаны особенности парциальной работы гребных винтов. Ил. 5. Библиогр. 3.

УДК 621.436:629.12 **Ключевые слова:** ДГУ, регулирование, ГВ, алгоритм управления

Б.Ф. Дмитриев, А.М. Лихоманов. Широкоимпульсный преобразователь в составе автономной системы электропитания и работе на разветвленную нагрузку // Морской вестник 2010 № 3 С. 52.

Рассмотрены возможности обеспечения качественных характеристик электроэнергетических систем на основе широкоимпульсного преобразователя (ШИП) параметров энергии с автономным первичным источником питания. Рассмотрена процедура синтеза. Обеспечивает необходимое для практики качество электропитания. Ил. 4. Библиогр. 4.

УДК 681.518:621.039.578:629.5 **Ключевые слова:** ядерные энергетические установки, вычислительная среда, программное обеспечение, тестирование

В.С. Василенко, Л.В. Тотьменинов. Основные результаты проектирования цифровых систем управления ядерными энергетическими установками кораблей // Морской вестник 2010 № 3 С. 55.

Приведено краткое описание результатов решения трех наиболее сложных, по мнению авторов, задач, от которых во многом зависит успешное проектирование цифровых систем управления ядерными энергетическими установками кораблей: конфигурации вычислительной среды систем управления ядерными энергетическими установками; технологии разработки программного обеспечения систем управления ядерными энергетическими установками; тестированию систем управления ядерными энергетическими установками. Обозначены основные технические предположения и методы, положенные в основу решения этих задач. Ил. 2. Библиогр. 7.

УДК 629.5.018.7 **Ключевые слова:** живучесть, система обмена данными, судовая система

В.И. Гольтраф, С.Л. Лобанов, А.В. Самойлов. О живучести судовых систем управления с системой обмена данными // Морской вестник 2010 № 3 С. 60.

Для современных высокоавтоматизированных кораблей (судов) с малым числом личного состава свойство «живучесть» – чрезвычайно важное качество корабля (судна). Оно непосредственно определяет возможность

управлять посредством различных судовых систем управления (СУ) поврежденным кораблем (судном) в аварийных условиях.

Представлен один из возможных подходов к оценке живучести корабля (судна) и его технических средств. Ил. 4.
УДК 621.43

Ключевые слова: электропитание, типы систем

Ю.А. Губанов, О.Е. Лоцицкий, Г.М. Москаленко. Агрегаты бесперебойного питания различного назначения // Морской вестник 2010 № 3 С. 63.

Рассмотрены корабельные агрегаты бесперебойного питания, выпускаемых ОАО «Системы управления и приборы», Санкт-Петербург, по заказам ВМФ РФ и других стран. Ил. 6. Библиогр. 3.

УДК 629.12.001:614.84 **Ключевые слова:** опасности, угрозы, пожары и взрывы, противопожарная устойчивость

Е.В. Любимов, И.Г. Пахарьков. О некоторых факторах в проектных моделях обеспечения безопасности морских технических сооружений // Морской вестник 2010 № 3 С. 68.

Рассмотрены основные опасности для морских технических средств, в том числе сравнительно новые. Одними из главных факторов угроз стали хорошо оснащенные боевыми орудиями и техническими устройствами организованные преступные группировки. В качестве мер защиты судов и МТС должны применяться элементы систем промышленной безопасности, в том числе системы противопожарной защиты. Табл.2.

УДК 659.2:614.8 **Ключевые слова:** морской транспорт, самовозгорание, критические условия, энергия активации.

С.А. Турсенев. Пожарная опасность самовозгорания при транспортировке углей морским транспортом // Морской вестник 2010 № 3 С. 70.

Произведен анализ пожарной опасности самовозгорания углей при транспортировке морским транспортом. Рассмотрены основные подходы к количественному определению условий самопроизвольного возникновения горения. Рассмотрена физическая сущность явления самовозгорания, приведены расчетные формулы, позволяющие по кинетическим параметрам оценивать свойства самонагревающихся материалов. Ил. 3. Библиогр. 10.

УДК 629.12:628.517:681.3:534 **Ключевые слова:** Вибрация, измерительный комплекс, судовые системы, судовое оборудование.

С.В. Горин, О.В. Макарова, В.А. Некрасов. Использование виброакустического измерительного комплекса для контроля уровня вибрации на судах // Морской вестник 2010 № 3 С. 73.

Рассмотрена возможность использования для контроля вибрации судового оборудования и систем двухканального виброанализирующего комплекса, созданного на базе персонального компьютера. Ил. 2. Библиогр. 4.

УДК 613.84 **Ключевые слова:** судостроительное производство, технологические процессы, пневматический инструмент, вибрация, вибрационная болезнь.

С.А. Косарева. Об оптимизации виброакустических характеристик пневматического инструмента, используемого на предприятиях судостроительной отрасли // Морской вестник 2010 № 3 С. 74.

Приведены статистические данные о профзаболеваниях, вызванных работой с ручным виброактивным инструментом. Даны рекомендации по оптимальному подходу к проектированию и модернизации пневматических роторных машин, которые используются в технологических процессах судостроительных и судоремонтных предприятий России. Табл. 4. Ил. 1. Библиогр. 2.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** суда ограниченных районов плавания,

анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность

Г.В. Егоров. Риск эксплуатации транспортных судов ограниченных районов плавания // Морской вестник 2010 № 3 С. 77.

Выполнен анализ происшедших с 1991 года (по май 2010 года) аварий с корпусами судов ограниченных районов плавания (СОРП). Всего удалось получить сведения о 441 аварии и инциденте с СОРП. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 10 лет с пиком катастроф для судов с возрастом 25-30 лет. Значительная часть аварий происходит с судами старше 20 лет. Кардинальное долговременное решение проблемы требует строительства нового флота СОРП. Табл. 4. Ил. 4. Библиогр. 17.

УДК 629.51 **Ключевые слова:** грузоперевозки, авария, «человеческий фактор».

И.В. Алешин, В.Н. Разуваев, А.С. Портной, Ю.А. Карпов, С.В. Милославская, А.А. Ткач. Аварии на морском нефтегазовом комплексе и их экологические последствия // Морской вестник 2010 № 3 С. 83.

Рассмотрены общие аспекты обеспечения экологической безопасности в местах интенсивных техногенных воздействий на окружающую среду. Особое внимание уделено анализу причин возникновения аварийных ситуаций на морских нефтегазовых комплексах. Табл. 2. Ил. 19. Библиогр. 11.

УДК 656.6:551.48 **Ключевые слова:** навигация, гидрография, закон.

Н.Н. Неронов. Федеральный закон Российской Федерации – залог успешного совершенствования навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства // Морской вестник 2010 № 3 С. 93.

Приведены оценки современного состояния и основные проблемы навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности России. Показано, что успешное решение задач в этой области во многом зависит от принятия Федерального закона РФ. Предложены уточненные современные формулировки ряда понятий в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства. Библиогр. 3.

УДК 678.026-2+629.5.081.4 **Ключевые слова:** русловое изыскание, автоматизация, система пространственной цифровой картографической информации, технология.

Ю.В. Баглюк, И.А. Башмаров, С.А. Виноградов, М.И. Исмагилов, А.Н. Ратнер, В.В. Секачев. Единая автоматизированная технология производства русловых изысканий, путевых работ, составления (корректировки) и распространения ЭНК ВВП // Морской вестник 2010 № 3 С. 95.

Знакомит с внедрением этой технологии и ее элементами. Обозначены возможности ее использования и преимущества. Ил. 4.

УДК 621.039.533.6+621.165 **Ключевые слова:** ледокол, модель, проектирование

Т.А. Аपालко, Б.А. Царев. Сопоставление моделей проектного анализа ледоколов // Морской вестник 2010 № 3 С. 100.

Рассмотренные проектные характеристики ледоколов с учетом их компоновочного облика позволили получить ряд зависимостей, удобных на начальном этапе проектирования. Обоснована схема оценки ледопроеходимости. Ил. 8. Библиогр. 21.

УДК 629.561.5 **Ключевые слова:** скейлинг, область применения, ледовая ходкость.

К.Е. Сазонов. Скейлинговые соотношения в ледовой ходкости судов // Морской вестник 2010 № 3 С. 104.

На основе модельных и натуральных экспериментов получена скейлинговая зависимость площади сечения торола на ширину ледокола, которую удобно использовать для пересчета результатов этих экспериментов на другие условия.

УДК 629.12.001 **Ключевые слова:** проектирование судов, композиционные материалы, конструктивные решения, ходкость, мореходность.

М.Э. Францев. Постановка задачи проектного обоснования конструктивных решений для судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности // Морской вестник 2010 № 3 С. 107.

Знакомит со способом обоснования выбора конструкционных материалов для корпуса и верхних строений судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности. Рассмотрен способ управления при проектировании в определенных пределах положением центра масс по высоте и по длине судна за счет использования в конструкции композиционных материалов. Ил. 4. Библиогр. 11.

УДК 678.02 **Ключевые слова:** программное обеспечение, техническое обслуживание грузовых судов, IT-системы

Морские перевозки грузов: в перспективе – новое программное обеспечение «GL» // Морской вестник 2010 № 3 С. 111.

О перспективах автоматизации множества различных процессов работы судоводных компаний, о тенденции создания IT-сети между судном и офисом компании.

УДК: 629.12.098+[681.3:629.12] **Ключевые слова:** расчет нагрузки, эпюра распределения нагрузки, корпус судна, система автоматизированного проектирования, трехмерное моделирование.

Моданов А.С. Автоматизация расчетов нагрузки корпуса судна с применением системы автоматизированного проектирования Tribon // Морской вестник 2010 № 3 С. 113.

Рассказывается о методике расчетов нагрузки корпуса судна на этапе технического проекта и при выпуске рабочей конструкторской документации с применением данных, импортированных из САПР Tribon. Предлагается приложение, созданное на базе MS Excel и описывается принцип его работы. Приводится пример производимых расчетов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 12.

УДК 678.026 **Ключевые слова:** программный продукт Arbortext, внедрение

Выбор системы для автоматизации процесса создания и выпуска сопроводительной документации: Опыт компании «Raymarine», Великобритания. Поиск поставщиков, соответствующих требованиям / «Ирисофт», «PTC Ingeniring» // Морской вестник 2010 № 3 С. 117.

Знакомит с программным продуктом Arbortext, разработанным компанией «Raymarine» совместно с концерном «PTC». Табл. 3.

УДК 629.5.08 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», кадры, развитие.

Н.В. Шаталова-Давыдова. Кадровая работа – фундамент развития КБ «Вымпел» // Морской вестник 2010 № 3 С. 122.

Знакомит с развитием кадровой политики в КБ «Вымпел», что позволяет ему в современных условиях занять достойное место на рынке судостроительных услуг. Табл. 1. Ил. 4.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** Крейсер «Белфаст», грот- и фок-мачты, «Северная верфь»

Е.Ю. Лерман. Эхо прошедшей войны // Морской вестник 2010 № 3 С. 125.

О постройке на ОАО «Северная верфь» грот- и фок-мачты для музея-крейсера «Белфаст» (Великобритания). Ил. 2.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** Крейсер «Белфаст», грот- и фок-мачты, «Северная верфь»

Е.Ю. Лерман. Эхо прошедшей войны // Морской вестник 2010 № 3 С. 125.

О постройке на ОАО «Северная верфь» грот- и фок-мачты для музея-крейсера «Белфаст» (Великобритания). Ил. 2.

Пленум НТО судостроителей // Морской вестник 2010 № 3 С. 127

Знакомит с итогами пленума Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, приведено решение пленума. Ил. 1.

Р.Н. Беркутов. Записки бывалого морехода // Морской вестник 2010 № 3 С. 129.

Ю.Ф. Тарасок. В целях изучения морской среды // Морской вестник 2010 № 3 С. 129.

ABSTRACTS

Y.I. Babazov, V.V. Shatalov. 80th Anniversary of the Ship Design Bureau «Vympel»

Article tells about history of DB «Vympel», directions of its activity, prospects of its development.

Rise of NAVY banner at the primary non-nuclear submarine «Saint-Petersburg»

Comment about rise of NAVY banner on this submarine. Its major specifications are given.

The ship «Triglav» strengthens a friendship between Russia and Slovenia

Article is about launching of Border Guard Cruiser «Triglav» for Slovenia built at Shipyard «Almaz». Its major specifications are given.

15th anniversary of Design-Development Bureau «Petrobalt»

Article tells about history and development of DDB «Petrobalt» and identifies prospects for future development.

V.M. Serzhanin. Trends of Foreign Countries' Border Guard Services Development

The end of Article (for the beginning refer to No. 2 for 2010). Article tells about Trends of Foreign Countries' Border Guard Services development.

A.A. Arutyunian, D.V. Suslov, V. D. Zvirukho. In the vanguard of the National Ship Machinery Industry. To the 40th anniversary of the Central R&D Institute of Construction of Ship Machinery.

The article identifies major benchmarks of the Central R&D Institute of Construction of Ship Machinery establishment and development. It provides technical description of wide range of machine construction equipment manufactured together with Proletarian factory of construction of ship machinery. It reviews problems of national Ship Machinery Industry and shows the ways of their decision.

A.A. Arutyunian, D.V. Suslov, V. D. Zvirukho, A. A. Georgiev. To the matter of ship component equipment technology improvement

Article reviews system & methodological approach to assessment and improvement of ship component equipment technology.

D.V. Lazarev. Enhancement of electromagnetic environment prediction at sea based technical objects due to consideration of re-emitting elements and structures influence

The topic sets forth the concept of basic elements and structure re-emitting electromagnetic fields at sea based technical objects (SBTO). It offers a range of mathematic models allowing for prediction of spectral-energy specifications of accidental contact radio interferences, as well as describes methods for detailing of electromagnetic environment at SBTO by consideration re-emitting elements and structures influence. The recommendations on assurance of Electro Magnetic Compatibility (EMC) of Radio-technical Systems (RTS) at SBTO are given.

A.O. Popko, K.B. Karavashkin. Use of multi beam echo sounders for voyage navigational safety support

Topic tells about abilities of multi beam hydro acoustic complex «Ersh-M» designed by CJSC «Sea Navigational Systems» together with Danish Company «Reson A/S». Special attention is given to its' fields of application.

A.V. Morozov. Creation and building of module structure of cells of the typical range of electricity distribution devices

Topic tells about implementation of modular technology for creation of EDD and content thereof.

E.N. Aleksin, A.A. Fokin. Storage of hydrogen in inter-metallic compound hydride LaNi₅

Submarines' diesel-electric power plants cannot ensure significant endurance in submerged position. So the creation of air independent power plants on base of electrochemical generators is an actual objective. Special alloys – metallides able to sorb hydrogen reciprocally in wide range of temperatures and pressures - can be used for storage of hydrogen. The article reviews the method of hydrogen storage in inter-metallic compound hydride LaNi₅.

To the 100th anniversary of N.V. Golubev

Article tells us the biography of Shipbuilding Engineer, Professor N.V. Golubev whose creative life was connected with Central Design Bureau «Baltsudproject» and LSI (now – Saint-Petersburg State Marine Technical University) and who has made a lot for design of ship's power plants.

V.K. Rumb, V.I. Payusov, E.V. Chikhachev. Specifics of operation and adjustment of Ship's diesel-gas-turbine plant

The topic reviews requirements to automatic systems for control and adjustment of ship's combine

diesel-gas-turbine plant. It contains algorithms and methods providing for combined operation of diesel engines and diesel with gas-turbine engine at propeller screw. The specifics of partial propeller screw operation are given.

B.F. Dmitriev, A.M. Likhomanov. Pulse Width Converter in autonomous power supply system and split load operation

Topic describes possibilities to ensure quality specifications of electric-power systems on base of Pulse Width Converter (PWC) of power parameters with autonomous initial power supply source. The synthesis procedure is reviewed. It ensures practically required power supply quality.

V.S. Vasilenko, L.V. Totmeninov. Basic results of ships' nuclear power plants digital control systems design

Article provides short description of the most complicated on authors' opinion problems solution, on which the success of nuclear power plants digital control systems design depends most: configurations of computing environment of nuclear power plants digital control systems; technologies for the development of nuclear power plants digital control systems software; nuclear power plants digital control systems testing. The major technical prepositions and methods taken as basis for solving of these problems are specified.

V.I. Goltraff, S.L. Lobanov, A.V. Samoilov. About liveness of ship control systems with data exchange systems

For modern highly automated ships (vessels) with small number of crew the «liveness» is an extremely important property of the ship (vessel). It directly identifies possibility to operate damaged ship (vessel) in case of emergency via different ship control systems (CS). Article describes one of possible approaches for assessment of liveness of the ship (vessel) and her technical means.

Y.A. Gubanov, O.E. Lozitskiy, G.M. Moskalenko. Continuous Power Supply Units of different application

Topic tells about ship's continuous power supply units manufactured by the OJSC «Control systems and instruments», Saint-Petersburg on orders from NAVY of RF and other countries.

E.V. Liubimov, I.G. Pakharkov. About some factors in design models for offshore engineering structures safety support

Article describes major risks for offshore engineering facilities including comparatively new ones. Criminal groups well equipped with weapons and technical means are one of the major risk factors. The industrial security elements including fire protection systems shall be used for protection of ships and OES.

S.A. Tursenev. Fire risk of self-ignition during transit of coals by sea transport

Topic reviews coals self-ignition fire risk during transit by sea transport. It describes basic approaches to quantitative identification of self-ignition conditions. The physical essence of self-ignition is reviewed; the computing formulas allowing for assessment of self-heating materials properties by kinetic parameters are given.

S.V. Gorin, O.V. Makarova, V.A. Nekrasov. Application of vibroacoustic measuring complex for control over vibration level on ships

Topic reviews possibility of application of dual-channel vibrations analyzing complex designed on base of personal computer for control of ship's equipment and systems vibration.

S.A. Kosareva. About optimization of vibroacoustic specification of pneumatic tools used at ship building industry companies

The article provides statistic data on professional diseases caused by work with manual vibroactive tools. The recommendations are given on optimal approach to design and modernization of pneumatic rotor machines used in production processes of Russia's shipbuilding and ship repairing companies.

G.V. Egorov. Risks of operations of ships with a specified operating area service

The study of accidents involving hulls of ships with a specified operating area service (SSOAS) occurred since 1991 (till May 2010) is performed. In general it became possible to obtain data about 441 crashes and accidents involving SSOAS. It is evident a stable growth of accident rate for vessels of over 10 years age with crash peak for vessels aged 25-30 years. Most accident occurs with ships aged over 20 years. The cardinal long-term decision of the problem requires building of new SSOAS fleet.

I.V. Aleshin, V.N. Razuvaev, A.S. Portnoy, Y.A. Karпов, S.V. Milislavskaya, A.A. Tkatch. Accidents at off-shore oil & gas facilities and environmental consequences thereof

Article discusses general aspects of environmental safety support in places of intensive technological environmental impacts with particular focus on analyze of reasons for emergency occurrence at off-shore oil & gas facilities.

N.N. Neronov. The Federal Law of the Russian Federation ensures successful enhancement of nation's maritime activity navigational and hydrographic support

Article provides assessment of modern condition and major problems of Russia's maritime activity navigational and hydrographic support. It shows that successful solution of problems in this field mostly depends on adoption of the Federal Law of the Russian Federation. Modern interpretations of number of terms in nation's maritime activity navigational and hydrographic support are offered.

Y.V. Bagliuk, I.A. Bashmarov, S.A. Vinogradov, M.I. Ismagilov, A.N. Ratner, V.V. Sekachev. Uniform automatic manufacturing technique for production of well exploration, track works, preparation (correction) and distribution of Electronic Navigation Charts (ENC) of Inland Water Ways (IWW)

It covers the matters of implementation of this technique and its elements. Possibilities and benefits of its use are specified.

T.A. Apalko, B.A. Tsarev. Comparison of ice-breaker ships design model

Discussed ice-breaker ships design specifications considering the layout thereof allowed for obtaining a number of dependencies convenient during initial stage of design. Ice-breaking capability assessment diagram is justified.

K.E. Sazonov. Scaling ratios in ships' ice performance

On base of model and natural experiments scaling dependence of ice hummock section area at ice-breaker width that can be used for calculation of these experiments' results for other conditions is obtained.

M.E. Frantsev. Task assignment for project justification of structural design of ships with up-rated performance and seaworthiness

Topic discusses the mode of justification for choice of construction materials of hull and superstructures of ships with up-rated performance and seaworthiness. Article describes the certain level control method during design using position of center of mass at ship's height and length due to use of composite materials in ship's structure.

Freight shipments: new «GL» software prospects

Topic tells about prospects of automation of many different shipping companies' operation processes, about tendency of creation of IT-network between ship and company's office.

Modanov A.S. Automation of weight calculation of ship's hull using Tribon CAD System

Article covers ship's hull weight calculation methods during technical design stage and issue of working design documentation using data imported from Tribon CAD tool. The application created on base of MS Excel is attached and principle of its operation is described. The sample of calculations is provided.

Choosing the system for automation of process of creation and issue of accompanying documentation: Experience of «Raymarine» Company, UK. Search for supplies meeting the requirements of / «Irisoft», «PTC Engineering»

Topic introduces the software product Arbortext developed by «Raymarine» company in cooperation with «PTC» Corporation.

N.V. Shatalova-Davydova. Personnel management is the foundation for DB «Vympel» development

Topic covers the process of Personnel Management policy in DB «Vympel» that allows it to reach a rightful place of prominence at modern shipbuilding services market.

E.Y. Lerman. The Last War Echo

Topic is dedicated to construction of main mast and foremast by the OJSC «Northern Shipyard» for the museum «Belfast» cruiser (UK).

The Plenary Session of Shipbuilders Technical Society

Article covers results of the plenary session of International and Russian Shipbuilders Technical Society named after Academician A.N. Krylov. The Plenary Session Resolution is provided.

R.N. Berkutov. Notes of the Old Salt

Y.F. Tarsiuk. With purposes of marine environment study