

Морской Вестник



№4(36)
декабрь
2010
ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



**14 сентября 2010 года
на «Адмиралтейских верфях»
состоялась передача
арктического танкера «Кирилл Лавров»
компании «Совкомфлот»**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ МОРСКОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 80 ЛЕТ

*К.П. Борисенко, проф., ректор СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 714 0761*

Нашему университету, единственному кораблестроительному вузу страны, в эти дни исполняется 80 лет. По сравнению с более чем 700-летним возрастом Оксфорда или Сорбонны, даже с возрастом Санкт-Петербургского государственного университета, наши 80 лет – это немного. Однако итоги работы легендарной Корабелки за указанный период дают нам право отметить этот юбилей.

Итог первый: За истекшие 80 лет наш вуз подготовил и выпустил более 55 тыс. специалистов. Результат их работы – кадровое и интеллектуальное обеспечение проектирования и постройки более 15 тыс. кораблей и судов, буровых платформ, энергоблоков.

Начав с подъема, ремонта и модернизации кораблей, представлявших собой остатки флота Российской империи, выпускники нашего вуза выполнили четыре грандиозные кораблестроительные программы, что обеспечило нашей стране победу в Великой Отечественной войне, восполнение военных потерь и к 1980 г. достижение военного паритета с США на море.



К.П. Борисенко

Итог второй: наш вуз, в ходе решения задач, стоящих перед ним, непрерывно совершенствовал и укреплял свой кадровый потенциал, лабораторную базу, накапливал опыт учебной и научной работы. Он стал вузом мирового уровня, получил признание в стране и за рубежом и по праву считается важной составляющей государственного достояния, духовного богатства нашего народа.

26 апреля 1930 г. Высший Совет Народного Хозяйства СССР издал приказ № 257, шестой пункт которого предписывал организацию Ленинградского кораблестроительного института на базе Кораблестроительного

факультета Политехнического института. Появление этого приказа было продиктовано насущными потребностями страны.

В результате потерь, понесенных в ходе Первой мировой и Гражданской войн, флот нашей страны, как военный, так и транспортный, значительно уменьшился количественно и старел, все больше отставая от мирового уровня. К середине 20-х гг. XX в. наш транспортный флот составлял менее процента от мирового. В конце 20-х гг. страна взяла курс на экономическое, политическое и военное возрождение и развитие. В связи с этим возникла необходимость и в резком увеличении морских перевозок. Принцип опоры на собственные силы был положен в основу строительства не только военного, но и транспортного флота, поскольку закупка или аренда судов за рубежом были по финансовым причинам, а также из-за экономической блокады страны неосуществимы. Руководством страны был поставлен вопрос о восстановлении и развитии собственной судостроительной промышленности.

Тогда же правительством была принята конкретная грандиозная программа строительства военного и гражданского флота. Для ее выполнения требовалось большое количество специалистов. Нехватка инженеров-кораблестроителей в те годы ощущалась очень остро. Сил Кораблестроительного факультета Политехнического института было явно недостаточно. Буквально каждому выпускнику этого факультета, как впоследствии и выпускнику ЛКИ, приходилось сразу приступать к выполнению серьезных заданий по проектированию и постройке судов и кораблей. Многие студенты начинали работу на заводах и в конструкторских бюро задолго до выпуска.

От Политехнического института вновь образованный Ленинградский кораблестроительный получил хорошее наследие. К организации импера-

торского Политехнического института на рубеже XIX – XX вв. были привлечены лучшие интеллектуальные силы страны – С. Ю. Витте, К. П. Боклевский, А. Н. Крылов, И. Г. Бубнов и многие др. Они создали технический вуз университетского типа. В своих воспоминаниях С. Ю. Витте уже тогда называл Политехнический институт техническим университетом. Коллектив преподавателей изначально формировался с установкой на самые высокие стандарты при подготовке студентов.

Несмотря на тяжелые потрясения, пережитые страной в ходе Первой мировой и Гражданской войн, последующие голод и разруху, профессорско-преподавательский состав сохранил в течение десятилетий дух высокого профессионализма, добросовестности и здоровой требовательности. Благодаря этому ЛКИ с первых дней своей работы стал достойным продолжателем того лучшего, что было достигнуто в морском образовании за 1899–1929 гг. в стенах Политехнического института.

В становлении ЛКИ большую роль сыграл профессор, впоследствии академик Валентин Львович Позднюин, который с 1923 по 1929 г. был деканом Кораблестроительного факультета Политехнического института, а затем до 1948 г. заведовал кафедрой проектирования судов ЛКИ.

В период преобразования кораблестроительного факультета Политехнического института в самостоятельный Ленинградский кораблестроительный институт в 1929–1930 гг. обязанности декана исполнял профессор П. Ф. Папкович, до 1946 г. возглавлявший кафедру строительной механики корабля.

В 1930 г. корфак возглавил профессор Н. И. Казанский, а машфак – профессор В. К. Васильев.

В становлении и развитии ЛКИ в первое десятилетие его работы значительную роль сыграли такие профессора, как И. Н. Воскресенский,

Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№4 (36)
декабрь
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. Борисенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

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

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

С.О. Барышников, ректор СПбГУВК

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 «РЕ.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»

Г.В. Слугин, генеральный директор ОАО «Аскольдь»

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. Сулов, 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. Шилев, генеральный директор
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»»

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

- К.П. Борисенко.** Санкт-Петербургскому
государственному морскому техническому университету – 80 лет 1
*Торжественное заседание ученого совета СПбГМТУ,
посвященное 80-летию ЛКИ – СПбГМТУ* 9

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

- Передача арктического танкера «Кирилл Лавров»
российской компании ОАО «Совкомфлот»* 11
- Л.Г. Кузьмин.** *Суда-снабженцы буровых платформ* 13
- ЦМКБ «Алмаз»: Новости компании* 21
- Спуск ракетного катера пр. 12418 «Молния»* 23
- ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» – надежный партнер* 25
- А.И. Лукьянов, А.И. Маскалик, Р.А. Нагапетян.**
Транспортные экранопланы – в жизнь 27
- К.В. Рождественский.** *Российские судостроители в Японии* 32
- Е.А. Горин, К.С. Чернов.** *Мировое судостроение на SMM–2010* 34

ДВИГАТЕЛИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- А.А. Арутюнян, А.А. Георгиев, В.Д. Завирухо, Д.В. Сулов.**
*К вопросу методологического обеспечения оптимизационного
проектирования судовых кранов* 39
- Д.В. Лазарев.** *Автоматизация управления параметрами
электромагнитных полей в условиях корабля для обеспечения
электромагнитной совместимости его радиоэлектронных средств* 45
- Н.В. Дьяченко.** *Методика расчета количества морской соли,
поступающей в проточную часть газовых турбин амфибийного судна
на воздушной подушке при его парении над водой* 51
- И.В. Бондаренко, В.И. Рожнов.** *Каталогизация
экспортируемой продукции военного назначения* 55
- ОАО «Системы управления и приборы»* 58
- ОАО «Новая ЭРА» – для плавучего энергоблока «Академик Ломоносов»* 61

ОСВОЕНИЕ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

- И.С. Долина, М.А. Родионов, И.М. Левин.** *Восстановление
характеристик гидрофизических полей в море из результатов
гидрооптических измерений* 62

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»
и группа компаний «Транзас» подписали соглашение о сотрудничестве* 65
- Г.В. Егоров.** *Основы проектирования корпусов судов
смешанного река-море плавания* 67
- «Germanischer Lloyd». Новые разработки компании «FutureShip»
(группа компаний «Germanischer Lloyd»)* 73



А.И. Свистунов, Г.В. Слугин. Подходы к оценке остаточного ресурса корпусов кораблей ВМФ	77
Г.Ю. Калинин, А.А. Харьков, О.В. Фомина, Ю.В. Голуб. К вопросу о перспективах широкого внедрения аустенитных сталей, легированных азотом	82
В.И. Алферов. Применение МКЭ для расчета сварочных деформаций судовых корпусных конструкций	84
С.О. Барышников. Измерение остаточного прогиба и остаточных напряжений корпусов судов по изменению угла поворота в поперечных сечениях	89
А.А. Бокатова. Методика продления срока службы корпуса судна по Правилам Российского Морского Регистра судоходства ЗСС на примере судна обеспечения ВМФ БМСТ «Яуза»	91
Д.В. Казунин, О.В. Бутурлимов, В.В. Рыбий, Е.С. Ганс, С.В. Маценко, А.П. Хвастунов, Р.И. Смирнов. Создание динамических средств обучения для подготовки специалистов, связанных с добычей углеводородного сырья на Арктическом шельфе	95
Т.Г. Артюшина. Описание и оптимизация элемента многоуровневой системы «судно» на основе теории нечетких множеств	99

БИЗНЕС И ПРАВО

ООО «Ирисофт», ООО «PTC International». Технические иллюстрации: мост между 3D CAD и документацией по эксплуатации	103
К.А. Смирнов, В.В. Лебедев, А.О. Попко. О правовых аспектах обеспечения физической безопасности объектов обустройства шельфовых месторождений	104
Н.А. Вальдман, Д.М. Яковлев. Вопросы оценки страхового риска при морских операциях с установками на шельфе	110
А.Г. Филимонов. Унифицированная методика системы мотивации управленческого персонала группы самостоятельных предприятий	113

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Международный военно-морской салон IMDS–2011, 29 июня–03 июля 2011, Санкт-Петербург (19)	
Одиннадцатая международная выставка и конференция НЕВА – 2011, 20–23 сентября 2011, Санкт-Петербург	117
Всемирная морская технологическая конференция WMTC–2012, 29 мая– 01 июня 2012, Санкт-Петербург (36)	
VII Российская научно-техническая конференция «Навигация и гидрография: приоритеты развития и инновации морской деятельности», НГО– 2011, 18–20 мая 2011, Санкт-Петербург (3 обл.)	

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Д.В. Курочкин. Авиатендеры ВМС США, 1918-1939 гг.	119
С.П. Сирый. Десятый морской министр императорского флота России А.А. Пещуров	123
В.М. Божич. Матия Змаевич – российский флотоводец	127

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.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.
В.И. Поляков, д-р техн. наук, проф.
Л.А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю.Д. Пряхин, 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.

Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№ 4 (3 6)
december
2 0 1 0

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

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 SPbSMTU

Council Members:

S.P. Alekseev, General Director JSC SRNHI

S.P. Andryuschyuk, General Director

JSC Control Systems and Instruments

S.O. Baryshnikov, Rector SPbSUWC

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 IRISOFIT

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director

JSC SPA Poliarnaya Zvezda

G.N. Muru, General Director JSC 51CTIS

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 Avrora

A.V. Shliakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

G.V. Slugin, General Director JSC Askold

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

V.E. Yukhnin, General Designer

JSC Severnoye Design Bureau

CONTENTS

K.P. Borisenko. 80th Anniversary of Saint-Petersburg Marine Technical University 1
SPbGMTU Academic Council Grand Meeting in honor of the LKI – SPbGMTU 80th Anniversary 9

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING

<i>Transfer of arctic tanker «Kirill Lavrov» to the Russian Company JSC «Sovkomflot» 11</i>
L.G. Kuzmin. Drill Rig Supply Vessels 13
CMDB «Almaz»: Company news..... 21
Launching the Missile Boat «Molnia», design 12418 23
JSC «Shipbuilding Company «Almaz» is a reliable partner 25
A. I. Lukianov, A. I. Maskalik, R. A. Nagapetyan. <i>Transport Surface Effect Ships to life 27</i>
K.V. Rozhdestvenskiy. Russian Shipbuilders in Japan 32
E.A. Gorin, K.S. Chernov. Global Shipbuilding at SMM–2010 34

ENGINES, EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

A.A. Arutunyan, A. A. Georgiev, V.D. Zavirukho, D.V. Suslov. <i>To the matter of methodology provision for ship crane design optimization 39</i>
D.V. Lazarev. Automation of electromagnetic fields' parameters control in ship's conditions to ensure electromagnetic compatibility of its radio-electronic equipment... 45
N.V. Diyachenko Methods for calculating the quantity of sea salt entering the air-gas channel of gas turbines of the amphibious air-cushion vessel when it is over the water..... 51
I.V. Bondarenko, V.I. Rozhnov. Cataloguing the military products for export 55
JSC «Control Systems and Instruments» 58
JSC «New ERA» – for the waterborne power-generating unit «Academician Lomonosov»..... 61

OCEAN AND SHELF DEVELOPMENT

I.S. Dolina, M.A. Rodionov, I.M. Levin. Off-shore recovery of hydro-physical fields' parameters on base of hydro-optical measurements' results 62

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

<i>The United Shipbuilding Corporation (OSK) and Transas Group sign cooperation agreement 65</i>
G.V. Egorov. Basics for designing hulls of sea-river mixed navigation ships 67
«Germanischer Lloyd». New developments of «FutureShip» Company («Germanischer Lloyd» Group) 73



A.I. Svistunov, G.V. Slugin. Approaches to evaluation of Navy ships' hulls remaining service life	77
G.Y. Kalinin, A.A. Kharkov, O.V. Fomina, Y.V. Golub. The prospects of broad implementation of austenitic steels nitrogen alloyed.....	82
V.I. Alferov. FEM Application for calculation of ship hull structures' weld metal depositions	84
S.O. Baryshnikov. Measurement of residual deflection and stresses of ships' hulls by alteration of turn angle in cross-sections.....	89
A.A. Bokatova. Method to elongate ship's hull service life in accordance with Rules of Russian Sea Register of Shipping, 3SS to NAVY Supply Ship BMST «Yauza»	91
D.V. Kazunin, O.V. Buturlimov, V.V. Rybiy, E.S. Hans, S.V. Matsenko, A.P. Khvastunov, R.I. Smirnov. Creation of dynamic educational means for training the specialists related with development of carbon hydrated at Arctic Shelf	95
T.G. Artyushina. Description and optimization of the multi-level system «vessel» element based on Fuzzy-Set Theory.....	99

BUSINESS AND LAW

LLC «Irisoft», LLC «PTC International». Technical illustrations: bridge between 3D CAD ad operational documentation	103
K.A. Smirnov, V.V. Lebedev, A.O. Popko. Legal aspects of shelf field facilities physical safety	104
N.A. Valdmann, D.M. Yakovlev. Issues of insurance risks evaluation during marine operations using shelf facilities.....	110
A.G. Filimonov. Unified method of self-regulated companies management motivation system	113

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

Maritime Defence Show IMDS–2011, June 29–July 03, 2011, St.Petersburg (19)	
The 11th International Exhibition and Conference NEVA–2011, 20–23 of September, 2011, St.Petersburg	117
World Maritime Technology Conference WMTC–2012, May 29–June 01, 2012, St.Petersburg (36)	
The 7th Russian Conference, NHO–2011, 18–20 of May, 2011, St.Petersburg (3 cover)	

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

D.V. Kurochkin. US NAVY air tenders in 1918–1939	119
S.P. Siriy, A.A. Peschurov, Tenth Naval Minister of Russian Emperor's Navy	123
V.M.Bozhich. Matia Zmaevich – Russian Naval Commander.....	127

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.G. Nikiforov, 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. Rozhdstvensky, 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.elibrary.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.

И. В. Мещерский, С. И. Дружинин, Г. Е. Павленко, В. Л. Сурвилло, В. А. Ваншейдт, Н. Е. Путов, В. П. Вологдин; доценты Е. И. Замятин, Н. А. Заботкин, И. В. Виноградов, Е. П. Зарина и многие др.

Особо следует отметить заслуги И. И. Яковлева, возглавлявшего институт в сложный период его становления по июнь 1941 г.



И.И. Яковлев

Формирование кафедр началось в сентябре 1930 г. Сразу организационно сложились кафедры высшей математики, начертательной геометрии и графики, сопротивления материалов, теоретической механики, иностранных языков, теории корабля, строительной механики корабля, электрооборудования судов и электроники, проектирования судов, объединенная кафедра общественных наук.

В 1932 г. была образована кафедра физики, в 1933 г. – материаловедения и технологии металлов, в 1934 г. – сварки судовых конструкций, в 1936 г. – конструкции корпуса, в 1937 г. – химии.

10 января 1935 г. состоялось первое заседание Ученого совета. 26 апреля 1938 г. Постановлением СНК СССР ЛКИ предоставлено право присвоения звания доктора технических наук.

Ученые ЛКИ активно сотрудничали с научно-инженерным техническим обществом судостроителей. Широкие исследования были проведены по стандартизации типов судов, подводных лодок, катеров и надводных кораблей различных типов.

Много внимания уделялось созданию новых типов корабельных двигателей, совершенствованию технологии сварки. В те годы ЛКИ был отраслевым институтом при Народном комиссариате судостроительной промышленности и оперативно откликался на насущные задачи производства.

Создавались современные лаборатории: машинно-котельная, электро-

оборудования судов, физики, химии, опытовый бассейн кафедры теории корабля. В 1940 г. ЛКИ выпускал инженеров по шести специальностям: кораблестроение, паровые установки, двигатели внутреннего сгорания, организация судостроительной промышленности, постройка судов, постройка котлов и машин. В числе преподавателей были два академика, четыре члена-корреспондента Академии наук. За предвоенные годы институт выпустил в свет 130 учебников и учебных пособий, 7 сборников Трудов ЛКИ. За 1931–1935 гг. институт подготовил 505 инженеров, за 1936–1941 гг. – 1252. В сумме это в шесть раз больше числа специалистов, подготовленных Кораблестроительным факультетом Политеха за все годы его работы (1899–1929).

В последние предвоенные месяцы 1941 г. и первые дни войны состоялся выпуск 150 специалистов, среди которых были будущие профессора П. А. Дорошенко, Г. Ф. Камнев, доценты В. К. Кузьменко и Н. А. Киселева. Многие выпускники предвоенных и военных лет внесли заметный вклад в создание, ремонт и совершенствование кораблей военно-морского флота, обеспечив тем самым победу над врагом. Это – дважды Герои Социалистического Труда Н. Н. Исанин и С. Н. Ковалев, генеральные конструкторы кораблей А. В. Маринич, В. И. Неганов, С. В. Слесаревич, Е. И. Юхнин, А. Е. Перевозчиков; директора заводов и КБ Я. Я. Кузнецов, Г. А. Гасанов, Г. А. Матвеев, А. И. Вознесенский; министр судостроительной промышленности в 1957–1976 гг. Б. Е. Бутома. Профессорами ЛКИ и других вузов стали А. А. Курдюмов, В. П. Белкин, Я. Ф. Шаров, А. Г. Курзон, Я. И. Войткунский, А. З. Локшин, В. В. Рождественский, Ю. В. Ремез.

Испытания военной поры показали, что в ЛКИ сложился здоровый коллектив с добрыми традициями. Сотни студентов и сотрудников сражались на фронтах; 450 человек воевали в составе 264-го Отдельного пулеметно-артиллерийского батальона. Около 200 человек после войны вернулись в институт для продолжения учебы. Все они имели боевые награды. Рудольф Соколинский за подвиг, совершенный при форсировании Одера, был удостоен звания Героя Советского Союза.

Во время войны страна особенно нуждалась в квалифицированных кадрах кораблестроителей. В связи с этим по приказу Государственного Комитета Оборона многие студенты были возвращены в разгар войны с фронта для продолжения учебы.

Наряду с выполнением срочных, обусловленных военным положением заданий, таких как строительство оборонительных сооружений, дежурство на постах МПВО, изготовление боеприпасов в учебно-производственных мастерских ЛКИ и работы на заводах города в составе бригад по строительству и ремонту кораблей, в институте, несмотря на голод и холод, бомбардировки и обстрелы, продолжался и учебный процесс.

Институт пережил эвакуацию, временное закрытие, реэвакуацию, болезненный процесс восстановления.

В деле обороны Ленинграда большую роль сыграл военно-морской флот, а в обеспечении боеспособности кораблей – студенты и сотрудники ЛКИ. Со всей ответственностью можно сказать – институт воевал вместе с флотом.

В конце июня 1941 г. руководство ЛКИ приступило к планированию работ студентов и сотрудников на судостроительных заводах и кораблях. В первых числах июля промышленность предложила 14 оборонных тем, в разработке которых было желательное участие ученых ЛКИ. Ответом была организация бригады из 28 видных специалистов. С 27 июля к работе приступила группа консультантов по оборонным и техническим вопросам при Октябрьском РК партии Ленинграда. От ЛКИ в ее состав вошли академик В. Л. Поздунин, профессора В. А. Ваншейдт, М. М. Глаголев, А. М. Митинский, Н. Е. Путов.

В состав научно-технического комитета ВМФ от ЛКИ вошли доценты А. Г. Курзон, В. В. Семенов-Тянь-Шанский, А. А. Курдюмов, А. И. Павлов и К. Г. Четверухин.

По состоянию на январь 1942 г. в городе на полную мощность работали семь судостроительных заводов, и на каждый их них ЛКИ направлял специалистов и студенческие бригады. Они участвовали в ремонте:

- крейсера «Петропавловск», октябрь 1941 – апрель 1942 гг;
- подорвавшегося на mine крейсера «Максим Горький», июнь–август 1941 г.;
- линкоров «Марат» и «Октябрьская революция», крейсера «Киров», лидера «Ленинград», 12 эсминцев, зима 1942 г.

Большую роль в обезвреживании и раскрытии секрета новейшей немецкой торпеды Т-5, поднятой нашими моряками с потопленной в Выборгском заливе немецкой подводной лодки «У-250», сыграл заведующий кафедрой физики ЛКИ Л. Л. Мясников. В разработке методов борьбы с некон-

тактными минами принимал участие профессор Я. Ф. Шаров.

Работа ученых-кораблестроителей Ленинграда в годы войны, в том числе не в последнюю очередь ученых ЛКИ, не только приблизила победу над врагом, но и позволила кораблестроительной науке страны выйти на уровень мировых стандартов.

1 сентября 1945 г. начался послевоенный учебный год в возрожденном ЛКИ. Заключительный этап послевоенного возрождения и дальнейшее развитие института на протяжении 31 года связано с именем назначенного в июне 1945 г. директора (с 1958 г. – ректора) Е. В. Товстыха. В 1946 г. институт был передан в ведение Министерства высшего образования.



Е.В. Товстых

Правительство приняло грандиозные судостроительные программы, что придало импульс количественному росту и качественному развитию института, который стал настоящим учебно-научным центром. Успешно развивались научные школы, что позволяло решать актуальные проблемы судостроения и благодаря накопленному опыту повышать уровень подготовки студентов и аспирантов. Научные исследования в ЛКИ в этот период затрагивали такие направления:

- исследование остойчивости, качки и управляемости судов различных типов;
- гидроаэродинамика быстроходных судов;
- проектно-исследовательские обоснования повышения мореходности, безопасности и экономичности судов;
- совершенствование методов расчета прочности;
- исследование свойств новых материалов и способов повышения технологичности конструкций;
- повышение мощности, экономичности и надежности энергетических установок;
- научное обоснование классификационных Правил Морского Регистра;

– внедрение в кораблестроение методов унификации, нормализации и стандартизации;

– компьютерное обеспечение экспериментов, расчетов и организационно-управленческих мероприятий;

– обеспечение судов средствами автоматизации, повышающими безопасность плавания;

– повышение эффективности и надежности новых комплексов приборов и аппаратов;

– разработка технических средств исследования и освоения мирового океана.

Постоянно укреплялся преподавательский корпус. В институт в послевоенные годы пришли такие специалисты, как Д. П. Скобов, В. П. Вологдин, П. И. Титов, Б. М. Малинин, Л. М. Ногид, Г. А. Гасанов, С. М. Турунов, Л. А. Маслов, Л. Л. Мясников, В. Ф. Попов, И. Б. Иконников.

Активно работали аспирантура и докторантура. Возобновило свою деятельность студенческое научное общество. О том, какое значение руководство института придавало работе СНО, говорит хотя бы тот факт, что его председателем был назначен профессор В. К. Васильев, а первыми докладчиками были ставшие впоследствии известными ученые А. Н. Холодильник, В. С. Дорин, А. И. Вознесенский, Д. М. Ростовцев.

В 1959 г. были открыты филиалы в Северодвинске и Каспийске.

В течение трех послевоенных десятилетий были построены новые здания института на Лоцманской ул. и в Ульяновке, гребная база на Крестовском острове, экспериментальная база в Приморске.

Институт обеспечивал и обеспечивает кадрами кораблестроительные организации. Все министры, руководившие после войны судостроительной отраслью – выпускники ЛКИ. Более 70 выпускников института стали главными конструкторами. Под их руководством выпускниками же ЛКИ были спроектированы и построены за четыре послевоенных десятилетия 2685 крупных военных кораблей подводных и надводных, 2427 крупных транспортных судов, буровых установок и доков, 4852 боевых катера и 5030 средних и малых судов.

Государственными премиями был отмечен вклад в науку профессоров В. Ф. Панова, В. А. Ваншейдта, Н. А. Шапошникова, доцентов Б. В. Плисова и Т. В. Зеленко.

За успехи в подготовке высококвалифицированных кадров для судостроения и в развитии научных исследований Указом Президиума Верховного Совета СССР от 7 января

1967 г. Ленинградский кораблестроительный институт был награжден орденом Ленина. К знамени института его прикрепил министр высшего и среднего специального образования СССР, который в своей приветственной речи отметил, что коллектив ЛКИ сумел найти правильный курс в информационном шторме научно-технической революции, обошел в качестве подготовки Запад, чем на долгие годы вперед обеспечил первенство нашего флота.

Развивались международные связи института. В начале 60-х гг. были заключены долгосрочные договоры о сотрудничестве с вузами ГДР, Польши и Болгарии. Многие преподаватели института прошли научно-педагогическую стажировку в вузах США, Англии, Швеции, Нидерландов, Бельгии, Германии, Швейцарии и Италии. Командировались преподаватели и для работы в развивающихся странах – Алжире, Вьетнаме, Индии, Йемене, Гвинее. С начала 90-х гг. развивается активное сотрудничество с вузами Китая.

В 1976 г. ректором ЛКИ был назначен д-р техн. наук, проф. Д. М. Ростовцев. Под его руководством в конце 70-х и в 80-х гг. институт успешно развивался и продуктивно работал, укреплялась лабораторная база, рос авторитет вуза в стране и за рубежом.



Д.М. Ростовцев

В 1990 г. ЛКИ преобразуется в Государственный морской технический университет. Было отмечено, что успешно осуществляется его техническое переоснащение, целью которого является достижение мировых стандартов. Однако именно с начала 90-х гг. положение вуза осложнилось. Денежный дефицит университет

восполняет своими силами, затрачивая на это массу труда. И результат есть – университет развивается.

В настоящее время университет с филиалом в г. Северодвинске включает 17 факультетов, образовательную деятельность на 83 кафедрах ведут 700 преподавателей, в том числе 97 докторов наук и 385 кандидатов наук. Подготовка специалистов с высшим образованием ведется по 10 направлениям и 37 специальностям естественно-научного, технического и гуманитарного профиля, по которым проходят обучение более 11 тысяч студентов (7800 обучаются по дневной форме).

Университет активно развивает целевую контрактную подготовку для предприятий судостроительной отрасли Северо-Западного региона. По договорам с предприятиями отрасли в рамках программы подготовки кадров для судостроительных предприятий города, финансируемой городским правительством, обучается более 400 студентов по разным формам обучения. На ряде судостроительных предприятий города, таких как «Рубин», «Пролетарский завод», ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, Морской Регистр судоходства, ЦКБ «Алмаз» работают базовые кафедры. Совместно с «Адмиралтейскими верфями» создан Институт морской техники и технологий. Выпускники университета востребованы отраслью; действует система содействия трудоустройству.

Библиотека университета включает более 1 млн. томов хранения научно-технической и другой литературы. Заканчивается создание электронного каталога.

Университет является головным вузом УМО. В настоящее время разработаны новые государственные образовательные стандарты по программам бакалавриата и магистратуры. СПбГМТУ выиграл соответствующий конкурс Министерства образования.

На базе университета создан военно-учебный центр, готовящий действующих офицеров для военно-морского флота по ряду военно-учебных специальностей. В настоящее время по контрактам для ВМФ обучается 156 человек, по программам офицеров запаса – более 600 человек.

Университет ведет подготовку кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) по восьми отраслям наук. Диссертационные работы готовят около 300 аспирантов и соискателей.

В настоящее время СПбГМТУ выполняет научные исследования и разработки по 155 НИОКР, в том числе по двум федеральным целевым программам: «Национальная технологическая база» и «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы».

По заказам судостроительной и смежных отраслей промышленности выполнен объем работ на сумму более 200 млн. руб.

Научно-педагогические работники университета за последние годы подготовили 14 монографий, 144 учебника и учебных пособия, опубликовали около 600 научных статей, сделали доклады на 126 научных конференциях.

Университет продолжает укреплять материально-техническую базу.

Стоимость приобретенных основных средств составила только за последние два года 21,5 млн. руб., в том числе машин и оборудования – 12,6 млн. руб., выполнен большой объем ремонтных работ, в том числе обновление сетей, аудиторного фонда, общежитий.

Важное направление деятельности СПбГМТУ – также наращивание средств вычислительной техники и увеличение возможностей информационного обмена. Только на эти цели за последние два года израсходовано более 60 млн. руб.

В университете обучается более 350 иностранных студентов из ближ-

него и дальнего зарубежья. Реализуются программы двойных дипломов.

На базе СПбГМТУ ежегодно проходят международные конференции по важнейшим вопросам кораблестроения и океанотехники.

В 2012 г. планируется проведение Всемирного съезда кораблестроителей совместно с Институтом морских инженеров Великобритании в Санкт-Петербурге.

Постановка воспитательной работы расценивается как одна из лучших в стране. Более шести лет СПбГМТУ совместно с другими морскими вузами проводит Всероссийский морской фестиваль. Коллективы художественной самодеятельности, команда КВН неоднократно становились победителями и призерами различных конкурсов, в том числе и международных.

Надо особо подчеркнуть, что кадры, подготовленные этим вузом, сыграли решающую роль в создании морского флота страны и значительную роль в других областях жизни государства. Среди немногочисленной когорты Героев Российской Федерации – четыре выпускника, это – генеральный конструктор Ю. Н. Коновалов, директор ФСБ генерал армии Н. П. Патрушев, директор ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова академик РАН В. М. Пашин, генеральный директор ОАО «Адмиралтейские верфи» В. Л. Александров.

Видные посты в руководящих органах страны занимали наши выпускники Г. В. Романов, В. А. Романов, В. П. Булатов. И это лишь несколько примеров того, сколь достойных людей воспитал вуз.

Несмотря на трудности, СПбГМТУ остается крупным учебным и научным центром, в котором учится около 8 тыс. студентов и аспирантов, работают 700 преподавателей, из которых 130 – докторов наук и профессора. Университет и далее, несмотря на сложные условия 90-х, способен выпускать квалифицированных специалистов, отвечающих требованиям времени. ■

ЛКИ
1930



СПбГМТУ
2010

15 сентября 2010 г. состоялось торжественное заседание ученого совета СПбГМТУ, посвященное 80-летию ЛКИ – СПбГМТУ, в котором приняли участие представители Президента РФ по Северо-Западному округу, правительства Санкт-Петербурга, вузов города, научных учреждений, конструкторских бюро и промышленных предприятий, общественных организаций.

ТОРЖЕСТВЕННОЕ ЗАСЕДАНИЕ УЧЕНОГО СОВЕТА СПБГМТУ, ПОСВЯЩЕННОЕ 80-ЛЕТИЮ ЛКИ - СПБГМТУ



Члены президиума (слева направо): В.Н. Васильев, Е.И. Макаров, А.С. Максимов, В.М. Пашин, К.П. Борисенко, А.И. Фрумен, Т.И. Чекалова

После доклада ректора СПбГМТУ К.П. Борисенко с приветствиями и поздравлениями выступили:

- Е.И. Макаров, помощник полномочного представителя Президента РФ по СЗФО;
- А.С. Максимов, председатель Комитета по науке и высшей школе СПб;
- Т.И. Чекалова, ответственный секретарь Морского совета при Правительстве СПб, советник губернатора СПб;
- В.Н. Васильев, председатель Совета ректоров вузов СПб, ректор СПбГУ ИТМО;
- М.П. Федоров, ректор СПбГТУ;
- В.М. Пашин, академик РАН, директор-научный руководитель ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, заведующий кафедрой проектирования судов СПбГМТУ;
- И.Б. Бойцова, заместитель главы администрации Кировского района СПб;

- А.В. Шляхтенко, генеральный директор-главный конструктор ЦКБ «Алмаз»;
- Н.Л. Евдокимова, советник Председателя Совета Федерации РФ;
- С.О. Барышников, ректор СПбГУВК;
- В.В. Афанасьев, проректор ГМА им. адм. С.О. Макарова;
- В.Я. Ходырев, президент научно-промышленной ассоциации «Тетраполис».



Участников торжественного заседания поздравила сборная команда студентов разных факультетов университета

14 сентября 2010 г. на ОАО «Адмиралтейские верфи» состоялась торжественная церемония передачи заказчику – российской компании ОАО «Совкомфлот» арктического танкера «Кирилл Лавров».

В мероприятии приняли участие губернатор Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко, полномочный представитель Президента РФ в Северо-Западном федеральном округе И.И. Клебанов, президент ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» Р.В. Троценко, генеральный директор ОАО «Адмиралтейские верфи» В.Л. Александров, генеральный директор ОАО «Совкомфлот» С.О. Франк.

Арктический танкер «Кирилл Лавров» проекта Р-70046 – второе судно в

ПЕРЕДАЧА АРКТИЧЕСКОГО ТАНКЕРА «КИРИЛЛ ЛАВРОВ» РОССИЙСКОЙ КОМПАНИИ ОАО «СОВКОМФЛОТ»

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

Танкер «Кирилл Лавров» был заложен 10 ноября 2008 г., спущен на воду 18 декабря 2009 г.

На торжественной церемонии спуска судна присутствовал премьер-министр РФ В.В. Путин.



серии танкеров ледового класса, построенное на «Адмиралтейских верфях». (Головной танкер – «Михаил Ульянов» – передан заказчику в феврале 2010 г.).

Танкеры данного проекта предназначены для транспортировки углеводородов с шельфовых месторождений Арктики и являются самыми высокотехнологичными судами.

Основные технические характеристики танкера

Длина, м.....	257,44
Ширина, м.....	34
Высота в районе грузовых танков, м.....	20,8
Дедвейт, т.....	70000
Осадка, м.....	14,0
Скорость хода, уз:	
на открытой воде.....	16,0
кормой вперед во льду	
толщиной 1,2 м.....	3
Экипаж, чел.....	24

Танкер имеет четыре главных двигателя мощностью 6525 кВт каждый.



СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ



на и безопасности экипажа в условиях низких температур. Суда оборудованы новейшими средствами автоматизации, объединенными в интегрированную компьютерную систему.

Отличительной чертой нового танкера является наличие усовершенствованного носового погрузочного устройства, обеспечивающего работу судна практически с любым морским терминалом и шельфовыми платформами.

Танкеры данного проекта строятся под совместным надзором двух классификационных обществ: Российского Морского Регистра судоходства и Lloyд's Register of Shipping.

Танкеры проекта P-70046 – крупнейшие из судов, строившихся на «Адмиралтейских верфях» и одни из самых крупных в мире, построенных на наклонном стапеле (спусковая масса корпуса танкера – около 25 500 т.

Крестная мать судна – народная артистка СССР, актриса Большого драматического театра им. Г. А. Товстоногова в Петербурге Алиса Фрейндлих.

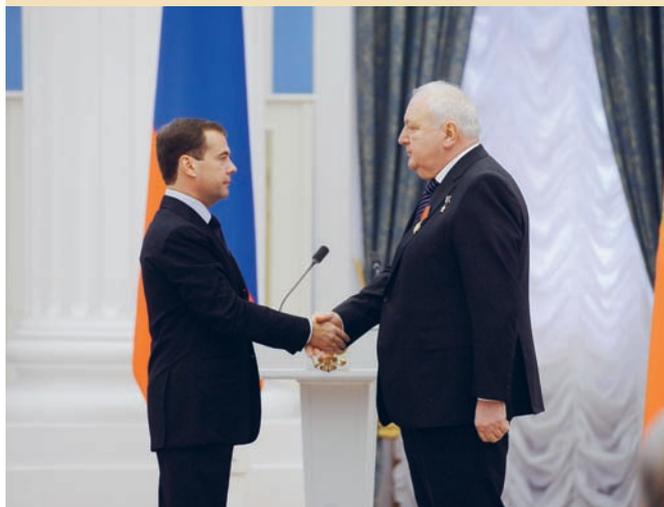
Церемония передачи судна прошла накануне юбилея Кирилла Юрьевича Лаврова (в честь которого и был назван танкер) – 15 сентября 2010 г. ему исполнилось бы 85 лет. ■

При строительстве танкера была использована патентованная технология «танкер двойного действия» финской компании «Aker Arctic Technology», которая позволяет судну двигаться во льду кормой вперед, ломая лед, как ледакол. Впервые в российском судостроении танкеры данного проекта осна-

щены мощным дизель-электрическим пропульсивным комплексом с двумя установками «Azipod» мощностью по 8500 кВт каждая.

При проектировании и строительстве танкеров проекта P-70046 реализован комплекс мероприятий для обеспечения надежной эксплуатации суд-

**9 сентября 2010 г. в Екатерининском зале Кремля
Президент Российской Федерации Д.А. Медведев вручил орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени
генеральному директору ОАО «Адмиралтейские верфи» В.Л. Александрову**



**Редакционный совет, редколлегия и редакция журнала поздравляют
Владимира Леонидовича
с высокой правительственной наградой
и днем рождения
(10 октября Владимиру Леонидовичу исполнилось 66 лет).**

**Желаем ему доброго здоровья, благополучия
и дальнейших творческих успехов
на благо российского судостроения и Отечества!**

Минеральные, биологические и энергетические ресурсы морей и океанов имеют исключительно большое значение для экономики и жизнедеятельности нашей планеты. Только на шельфе северных и дальневосточных морей, омывающих берега России и имеющих площадь 3,9 млн. км², разведаны залежи 13,7 млрд. т нефти и 52,3 трлн. м³ газа. По мере исчерпания минеральных, биологических и энергетических ресурсов на суше роль морей и океанов будет еще более усиливаться.

Если исходить из наиболее распространенного прогноза, то к 2030 г. потребление углеводородного топлива вырастет на 10% и составит примерно 70% в балансе источников производства первичной энергии, что требует интенсификации добычи углеводородов, особенно на шельфе, где сосредоточены их основные запасы.

Научно-технический потенциал российского судостроения достаточно высок. В то же время в судостроении, и не только, начали широко проявляться тенденции сокращения числа планируемых к собственной разработке технологий за счет приобретения лицензий на имеющиеся передовые. Учитывая указанное, верфью были предприняты определенные шаги в

СУДА-СНАБЖЕНЦЫ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ

*Л.Г.Кузьмин, директор по маркетингу
ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 2914*

Из всего многообразия оффшорных судов, участвующих в обеспечении добычи углеводородов на морском шельфе, были выбраны суда-снабженцы буровых платформ, и на настоящий момент ОАО «СЗ «Северная верфь» является наиболее продвинутым в российском судостроении предприятием в их строительстве.

Термин «off shore» (оффшор) впервые появился в конце 50-х гг. прошлого века в газетах США. Речь шла о финансовой организации, избежавшей налогообложения путем географической избирательности. Когда мы говорим об оффшорных судах, то их первичная функция – это транспортировка грузов и персонала к нефтяным и газовым платформам и от них. При этом перевод того же термина звучит как «вне берега». Есть еще и иной перевод, объединяющий первые два: «не попадающий под юрисдикцию государствен-

последнего, присутствуют в словарях. Думается, что, используя «кальку» с английского, правильнее будет писать об оффшорных судах.

Нефтегазовый промысел на шельфе велся еще в XIX в. в условиях мелководья и переноса туда сухопутных технологий. Благодаря техническому прогрессу добыча постоянно сдвигалась к более серьезным глубинам, превращаясь в непрерывно работающие сложнейшие промышленные комплексы. Поддержание круглосуточной работы техники, в свою очередь, требует постоянной подачи расходных материалов и реагентов, а также обеспечения ротации работающих, проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров.

Россия позже других государств, имеющая значительные запасы углеводородов на суше, приступила к добыче на шельфе используя в основном зару-



Судно пр. VS 470 PSV Mkl1 передано норвежской компании «Siddis Skipper AS»

этом направлении, сохранения своих лидирующих позиций не только в кораблестроении, но и поиска перспективного вектора в гражданском судостроении.

ного регулирования». Несмотря на то, что в России этим термином пользуются более 20 лет, единого правила написания нет и существуют «оффшор», «офшор» и «офф-шор», которые, кроме

бежную технику и опыт. В то же время на Западе в конце века существовала устойчивая потребность во всем комплексе судов: танкеров, снабженцев, различного рода платформ и т. д.

Исходя из особенностей собственной производственной базы, анализа специализации других отечественных верфей и с учетом высокой потребности рынка, на «Северной верфи» с 2004 года началась подготовка производства под строительство судов снабжения морских буровых платформ на экспорт.

ким качеством, основанном на почти 100-летнем опыте кораблестроения, работа принесла свои результаты, и в 2008 г. «Северная верфь» заключила контракт с еще одной норвежской компанией «Siddis Skipper AS» на строительство также насыщенного корпуса проекта VS470PSV MkII. В ходе строительства контракт был

Вместимости, м³:

Топливо	1050
Пресная вода	770
Водяной балласт	715
Смазочное масло	27
Сухой объем	340
Гидравлическое масло	2
Отработавшая вода/бытовые сточные воды	24
Сточная цистерна	25



Ходовые испытания судна пр. VS 470 PSV MkII

В ходе предварительных проработок проектов «Северная верфь» установила контакты с норвежскими проектантами, являющимися лидерами в разработке проектов VS 470 PSV, VS 485 PSV, VS482PSV, XboW-projects, UT722, MoSS818. Это компании «Vik-Sandvik» (в настоящее время «Wartsila Ship Design»), «Moss Maritime», «Skipsteknisk AS», а также с владельцами судов спроектированных этими компаниями.

Как известно, доля стоимости корпуса не превышает 35% стоимости судна, а квалифицированная достройка – остальное. В силу графика загрузки собственных мощностей и относительного недоверия к новому партнеру как в части качества так и соблюдения сроков, норвежская компания «Eidesvik Drift ASB» в 2005 г. заключила контракт с верфью на строительство двух насыщенных корпусов судов снабжения проекта VS470PSV MkII.

Корпуса были поставлены заказчику в 2006 г. Выполненная с высо-

перезаключен на строительство этого судна «под ключ». Судно успешно прошло весь комплекс испытаний и передано заказчику в согласованные сроки – в сентябре 2010 г.

Судно проекта VS 470 PSV MkII предназначено для выполнения работ по всему миру, включая работы в прибрежных водах любой страны и принимается Det Norske Veritas (DNV).

Обозначения класса:
ff1A1, SF, EO, FiFi 1, EO, Clean, LFL*, NAUT OSV (A), Dynpos AUTR, Dk+hl(2,5).

Главные характеристики судна пр. VS 470 PSV MkII

Длина, м	73,40
Ширина, м	16,60
Высота до грузовой палубы, м	7,60
Осадка, м	6,50
Экспл. скорость при осадке 4,0 м	ок. 14,5 уз
Выходная мощность гл. двигателя, кВт	2 × 2640
Валовой тоннаж в соответствии с международной конвенцией измерений	ок. GT 2500
Дедвейт при осадке 6,40 м	3500 т

Шламочная цистерна	6
Промывочная жидкость	1070
Метанол/специальные продукты	ок. 190
Бак диспергатора	17
Пена	23
Бак диспергатора	10
Базовое масло	210
Рассол	850
Палубный груз, т	1500
Площадь палубы	700 м ²
деревянного настила (5 т/м ²)	

Судно имеет жилые помещения для 32 человек, в том числе 20 членов экипажа, и лазарет.

В 2008 г. «Северная верфь» заключила контракт с норвежскими компаниями «Solvik Hull Supplies AS» и «Solvik Hull Supplies 11 AS» на строительство двух насыщенных корпусов судов нового, более мощного проекта VS485PSV. Один корпус проекта VS485 передан заказчику («Solvik Hull Supplies AS») в ноябре 2009 г.

Контракт на строительство второго корпуса также перезаключен на контракт на строительство судна «под

ключ». Срок сдачи – февраль 2011 г. Классификационное общество Det Norske Veritas / DNV (Норвегия).

Судно несколько больше и также предназначено для выполнения работ по всему миру, включая работы в прибрежных водах любой страны.

Обозначения класса:

DnV, + 1A1, ICE-C, DYNPOS AUTR, CLEAN DESIGN, EO, COMF-V(3)C(3), LFL*, SF, dk(+), НЦр), OIL REC, NAUT-OSV.

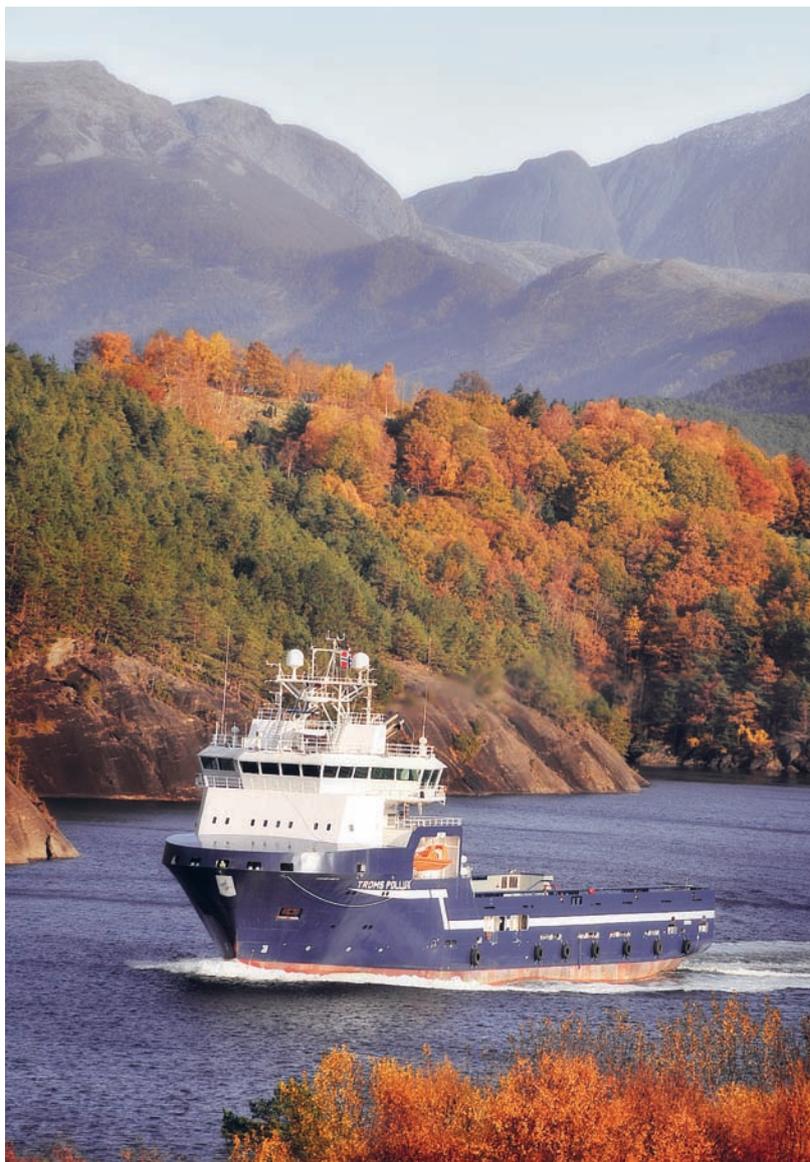
Главные характеристики судна пр. VS485PSV

Длина, м	85,00
Ширина, м	20,00
Высота до грузовой палубы, м.....	8,60
Осадка, м	7,0
Экспл. скорость при осадке 5,0 м	ок. 15,8 уз
Выходная мощность азимутальных винторулевых колонок, кВт ..	2 × 2450
Валовой тоннаж (в соответствии с международной конвенцией измерений)	ок. GT 4260
Работа механизмов и обитаемость обеспечиваются при температурах воздуха от -200°С до 400°С и забортной воды от 10°С до 320°С	
Дедвейт при осадке 7,0 м, т	4900
Вместимости м ³ :	
Топливо	950
Пресная вода	1000
Водяной балласт / промывочная вода	2500
Смазочное масло	30
Навалочный груз	400
Масло системы гидравлики	5
Сточная цистерна	30
Шлам	10
Промывочный раствор	700
Базовое масло	210
Рассольные цистерны	430
Метанол	150
Специальные продукты	150
Цистерна с горячей водой	30
Отработанное масло	2 × 10
Шламовые цистерны	2 × 100
Фановая цистерна	40
Отстойная цистерна для отработанной воды	45
Площадь палубы.....	1005 м ²
деревянного настила (10 т/м ²)	

Судно имеет жилые помещения для 23 человек.

Все суда оснащены системой пожаротушения «Fi – Fi», эффективность работы которой на аналогичных судах можно было оценить по демонстрации телевидением борьбы с авариями на платформе «ВР» в Мексиканском заливе.

На сегодня «Северная верфь», впервые в отечественном судостроении обеспечила себе выход на европейский рынок по строительству судов снабженцев «под ключ». При этом в распоряжении верфи остаются отработанные технологии, специальная оснастка и, что самое главное, опыт полноформатного строительства современных судов-снабженцев, практически – отсутствующий в отечественном судостроении. Ус-



Судно пр. VS485PSV норвежской фирмы «Solvik Hull Supplies AS» в фюорде

тановлены производственные связи с наиболее прогрессивными поставщиками продукции судового машиностроения.

В проведенном в сентябре 2010 г. ОАО «Газпром» предварительном (квалификационном) отборе для участия в конкурсе на право заключения договора на строительство судов снабжения для работ с ППБУ (заводка и подрыв якорей, несение АСД и ЛАРН) для нужд ООО «Газфлот» «Северная верфь» заняла первое место и приглашена к участию в конкурсе. Разработчик проекта – ГНИЦ РФ ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, ЦКБ «Балтсудопроект».

Основное отличие отечественного судна от норвежских заказов – это ледовый класс КМ*Arc4[1] AUT1 FF2WSDYNPOS-2 EPP Tug, Supply vessel, Special purpose ship Российского Морского Регистра судоходства и наличие взлетно-посадочной вертолетной площадки в носовой части.

Основные размерения их достаточно близки и составляют: длина – 90,9 м; ширина – 19,0 м; высота борта – 10,5 м; осадка – 7,5 м; дедвейт – 4124 т. Различие в комплектации судов не является принципиальным.

Таким образом, затраты на подготовку производства могут быть обоснованно минимизированы по сравнению с другими предприятиями отрасли.

В настоящее время в сотрудничестве с ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и финским проектным бюро «Aker Arctic» проработан еще целый ряд проектов многоцелевых судов снабжения ледового класса для обслуживания месторождений на шельфе Арктики и Сахалина.

Учитывая накопленный опыт, ОАО «СЗ «Северная верфь» обоснованно рассчитывает на занятие достойного места в производстве судов-снабженцев для отечественного бизнеса. ■

Текущий 2010 г. для коллектива Центрального морского конструкторского бюро «Алмаз» оказался насыщен событиями.

Продолжается строительство серии многоцелевых сторожевых кораблей ближней морской зоны (корветов) пр. 20380. 31 марта 2010 г. на «Северной верфи» состоялся спуск на воду первого серийного корвета «Сообразительный». Уникальность проекта – в том, что предусмотренные в нем зоны модернизации позволяют совершенствовать корабль даже во время серийной постройки. Таким образом, корвет «Сообразительный» уже сейчас оборудован рядом более новых систем и устройств, чем его «старший брат».



Корвет «Сообразительный»

На «Средне-Невском судостроительном заводе» продолжается строительство серии ракетных катеров пр. 12418 «Молния» для одной из стран бывшего СССР. Кроме того, в соответствии с ранее подписанным контрактом по линии военно-технического сотрудничества начинается строительство серии лицензионных «Молний» в Республике Вьетнам.



Ракетный катер «Молния»

В числе значимых проектов ЦМКБ «Алмаз» особое место занимает пограничный сторожевой корабль пр. 10410 «Светляк». Конструкторами этого ко-

ЦМКБ «АЛМАЗ»: НОВОСТИ КОМПАНИИ

ОАО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 3387

рабля были найдены настолько удачные проектные решения, что они не теряют своей актуальности уже на протяжении более двух десятков лет.



Пограничный сторожевой корабль «Светляк»

Стоит напомнить, что головной корабль серии был передан Морпогранохране в 1988 г. Строительство серии продолжается на трех судостроительных предприятиях России: «Восточной верфи», «Судостроительной фирме «Алмаз» и Ярославском судостроительном заводе. К настоящему времени уже построено более 30 ед., в том числе для Береговой охраны ФСБ России и ВМС Вьетнама. Кроме того, в ближайшее время состоится церемония передачи заказчику недавно построенного «Судостроительной фирмой «Алмаз» корабля для ВМС Словении.

«Судостроительной фирмой «Алмаз», «Морским заводом «Алмаз» и Ярославским судостроительным заводом также продолжается строительство крупной серии скоростных патрульных катеров пр. 12200 «Соболь»: на



Патрульный катер «Соболь»

сегодняшний день построено 12 ед., в том числе 10 ед. для Береговой охраны ФСБ России и 2 единицы для Пограничной службы Республики Туркменистан.

Превосходными тактико-техническими и мореходными качествами обладает скоростной патрульный катер пр. 12150 «Мангуст». Это смогли оценить не только представители силовых структур, но и гражданские заказчики. К настоящему времени 25 ед. переда-

ны частям и подразделениям Береговой охраны, ВМФ, Министерства по чрезвычайным ситуациям и федеральной таможенной службы, в том числе один «Мангуст» был построен для ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Строительство катеров пр. 12150 осуществляет «Судостроительный завод «Вымпел».



Скоростной патрульный катер «Мангуст»

На судостроительном заводе «Янтарь» завершается постройка опытового судна пр. 11982 «Селигер».



Опытовое судно «Селигер»

Судно предназначено для проведения испытаний специальных технических средств, вооружения и военной техники, проверки испытательного полигона на предмет противодействия иностранным техническим разведкам, участия в поисково-спасательных работах, проведения научно-исследовательских и океанографических работ.

Кроме того, коллективом судостроительного завода «Янтарь» начато строительство нового океанографического судна.

Продолжается программа испытаний самоходной модели с гидродинамической схемой корпуса типа «Триблин». В ходе испытаний, которые проводятся в рамках Федеральной целевой программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период с 2007 по 2010 г. и на период до 2015 г.», в этом году была разработана и установлена новая система рулей и успокоителей качки. ■

4 августа 2010 г. на ОАО «Средне-Невский судостроительный завод» состоялся спуск на воду ракетного катера пр. 12418 «Молния», серия которых строится предприятием для иностранного заказчика.

Контракт на строительство серии подписан в ноябре 2007 г. Закладка

СПУСК РАКЕТНОГО КАТЕРА ПР. 12418 «МОЛНИЯ»

ОАО «Средне-Невский судостроительный завод»,
контакт. тел. (812) 462 6752



головного катера состоялась в марте 2009 г.

Ракетный катер «Молния» (пр. 12418) пользуется устойчивым спросом на мировом рынке вооружения и по классификации НАТО относится к классу корветов. Катер спроектирован ОАО «ЦМКБ «Алмаз» и предназначен для уничтожения боевых надводных кораблей, катеров и морского транспорта противника самостоятельно и во взаимодействии с ударными силами флота. В задачи военного времени входят уничтожение отрядов боевых катеров и кораблей, десантных отрядов и конвоя противника, ведение тактической разведки. Задачи мирного времени включают в себя охрану государственной границы, несение дозорной службы, борьбу с пиратством, участие в спасательных операциях.

Скорость судна – 40 уз; дальность плавания – 2400 миль; автономность – 10 сут.; экипаж катера – 42 чел. Катер оснащен ударным ракетным комплексом «Уран-Э», зенитным ракетным комплексом типа «Игла», а также артиллерийским вооружением АК-176М и двумя комплектами АК-630М.

Корабль выйдет на ходовые испытания в ноябре текущего года. Согласно контракту, предусмотрено также обучение экипажей заказчика.

Строит подобные катера завод с 1980 г. Всего для ВМФ России заводом построено 16 ед. данного проекта.

Средне-Невский судостроительный завод основан в 1912 г. За время работы предприятие поставило для ВМФ России и на экспорт более 500 кораблей и судов по 43 проектам.

Сегодня ОАО «Средне-Невский судостроительный завод», входящее в состав ОАО «Объединенная судостроительная корпорация», предлагает заказчикам полный цикл работ по строительству кораблей и судов из конструкционных и маломангнитных сталей, алюминия и стеклопластика. Судостроительная программа завода охватывает суда различного типа: ракетные катера, морские тральщики, патрульные корабли, рабочие и пассажирские суда.

В портфель заказов предприятия входит серия тральщиков из стеклопластика для ВМФ России, ракетные

катера, а также серия стеклопластиковых надстроек для корветов.



В.А. Середохо,
генеральный директор ОАО «СНСЗ»

Предприятие уверенно смотрит в будущее и надеется на расширение связей как на внутреннем, так и на международном рынке. ■

Одним из лидеров российского судостроения в области постройки патрульных кораблей и катеров по праву считается ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз». За время своего существования верфь построила более 1000 судов различного назначения. В структуру портфеля заказов предприятия входит как военные, так и гражданские суда. При этом верфь активно работает и с российским потребителем, и с иностранным заказчиком. Предприятие поставляет на внешний рынок продукцию, отвечающую не только современным техническим требованиям, но и мировой конъюнктуре цен. В этом году фирма «Алмаз» успешно передает заказчикам построенные корабли и продолжает активно вести строительство кораблей для ВМФ и Пограничной службы ФСБ России. Так, после спешных испытаний ей были переданы в срок три катера пр. 12200 «Соболь». Катер предназначен для охраны государственной границы, прибрежных коммуникаций, судов и искусственных



сооружений, борьбы с терроризмом, а также контроля экономической зоны государства и обеспечения сохранности природных ресурсов.

Завершены испытания пограничного корабля пр. 10412 «Светляк» для



Республики Словения. Сейчас корабль отправлен в порт Новороссийска для дальнейшего перехода в Словению.

«Судостроительная фирма «Алмаз» завершила строительство и при-

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ» - НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР

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

ступила к швартовым испытаниям корабля «Краснодарец» (зав. № 311) пр. 10410 «Светляк» также для Пограничной службы ФСБ РФ.



С опережением на два месяца закончено строительство катера пр. АР-1600 для ФГУП «Росморпорт». Катер готовится к отправке в порт г. Сочи. Идет активная подготовка к сдаче заказчику ПС ФСБ РФ пограничного судна ледового класса пр. 22120, которая запланирована на декабрь 2010 г. В настоящее время СФ «Алмаз» продолжает строительство второго и третьего артиллерийских кораблей пр. 21630 для ВМФ России, первого серийного погранич-

ектно-конструкторским бюро (г. Санкт-Петербург) и предназначен для охраны государственной границы и территориальных вод, а также для борьбы с тер-

роризмом и пиратством. Его водоизмещение – 630 т, скорость хода – 30 уз, дальность плавания – 3500 миль, автономность – 30 сут., длина – 62,5 м.

Корабль оборудован самыми современными средствами навигации и связи, имеет на борту вертолет, систему автоматизации управления кораблем.

Многолетний опыт строительства кораблей различных классов, комплексный подход к технологической подготовке производства, оператив-



ного сторожевого корабля пр. 22460 (зав. № 502) для ПС ФСБ РФ, начала работу над заказом зав. № 503.

Пограничный сторожевой корабль пр. 22460 спроектирован Северным про-

ное решение всех технических задач, – все это позволяет «Алмазу» уверенно смотреть в будущее и надеяться на расширение связей как на внутреннем, так и на международном рынке. ■

ТРАНСПОРТНЫЕ ЭКРАНОПЛАНЫ - В ЖИЗНЬ

А.И. Лукьянов, генеральный конструктор,
А.И. Маскалик, д-р техн. наук, руководитель работ по науке и сертификации,
Р.А. Нагапетян, канд. экон. наук, президент,
ЗАО «АТТК», г. Нижний Новгород,
контакт. тел. 8 960 1831975

Российское скоростное судостроение XXI в., направление развития которого определено выдающимся отечественным конструктором Р. Е. Алексеевым, создавшим первые в мире суда на подводных крыльях и экранопланы [1], стоит на пороге практического внедрения в практику мирового судостроения и судоходства высокоскоростных и высокоэффективных судов-эканопланов.

В российском судостроении усилиями соратников и последователей Р. Е. Алексеева ныне подготовлен тот необходимый научно-технический, проектно-конструкторский и нормативно-правовой потенциал по экранопланам, который позволяет уже в настоящее время перейти к активным работам по созданию первых транспортных экранопланов различных назначений: пассажирских, грузовых и других назначений. Это обеспечит ведущую роль России в мировом скоростном судостроении, которую она занимала в XX в., и создаст перспективы выхода страны в лидеры в этой области.

Авторы настоящей статьи, соратники Р. Е. Алексеева по созданию судов на подводных крыльях и экранопланов, в составе Арктической Торгово-Транспортной Компании (АТТК) второй десяток лет работают над созданием транспортных экранопланов, в том числе и для суровых условий Севера и Арктики.

В настоящей статье они делятся с тружениками российского судостроения и судостроительной общественностью сведениями о том конкретном заделе по транспортным экранопланам, который создан коллективом ЗАО «АТТК» и который реально практически реализовать в самые ближайшие годы, что находится в рамках ныне формирующейся Концепции развития гражданских экранопланов РФ.

Ниже представлены те проектные разработки транспортных экранопланов ЗАО «АТТК», которые обеспечены необходимым объемом ОК и НИР, подтверждающих заявленные по ним тактико-технические данные.

1. МОРСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ЭКРАНОПЛАНЫ

Морской пассажирский экраноплан проекта К02 (главный конструктор – А.И. Лукьянов), доведенный до утвержденного эскизного проекта с полностью сформированным составом контрагентов, предназначен для круглогодичной перевозки пассажиров в светлое время суток в районах с умеренным и тропическим климатом при

температуре наружного воздуха от -30° до $+40^{\circ}$ С (рис. 1).



Рис. 1. Экраноплан пр. К02 (общий вид)

Он имеет патент федерального Института промышленной собственности РФ (в дальнейшем – Роспатент) на промышленный образец №68098 от 01.10.2007 г, а его модификация – патент Роспатента на изобретение № 2260530 от 02.06.2004 г. и патент Роспатента на промышленный образец № 61924 от 27.07.2005 г.

ЭП можно переоборудовать в грузовой вариант для быстрой доставки скоропортящихся грузов, санитарного, спасательного, административного (для служебных перевозок), а также для патрулирования побережья службами морской береговой охраны.

Аэродинамическая компоновка ЭП состоит из корпуса, несущего воздушного крыла с концевыми скелетами, двухкилевого хвостового оперения с высокорасположенным горизонтальным оперением и двух воздушных винтов, расположенных в носовой части ЭП на горизонтальном поворотном пилоне, обеспечивающем на старте «поддув» струями воздушных винтов под крыло.

Основные характеристики экраноплана пр. К02

Длина габаритная, м.....	22,43
Ширина габаритная, м.....	11,5
Высота габаритная, м.....	7,25
Нормальная взлетная масса (полное водоизмещение), т.....	15,2
Крейсерская скорость, км/ч.....	200
Дальность хода, км.....	800

Характеристики устойчивости, управляемости и маневренности ЭП на всех режимах движения соответствуют требованиям Международной морской организации (ИМО) и Российского Морского Регистра судоходства (РМРС) для ЭП.

Амфибийные качества ЭП позволяют ему двигаться по уклону вверх до 5° ,

выполнять разворот на грунте с радиусом не более длины корпуса, а также старт и движение с крейсерской скоростью над заснеженной или ледовой поверхностью и преодоление препятствий или берегового уступа (при выходе на берег и спуске с него) высотой до 0,5 м.

Это достигается благодаря использованию поддува струй воздушных винтов под несущее крыло при повороте пилона с двигателями и винтами, что позволяет обеспечить полную весовую разгрузку ЭП и произвести старт и движение его по грунту.

Следует подчеркнуть, что отмеченные выше основные аэродинамические, амфибийные и тактико-технические качества ЭП надежно определены не только на основе требуемых проектно-конструкторских исследований и расчетов, но и на основе опыта широкомасштабных испытаний и эксплуатации его масштабированной самоходной модели. Этой моделью для данного ЭП является созданный ЗАО «АТТК» малый морской прогулочный экраноплан (ЭПм) «Акваглайд» (главный конструктор – Д. Н. Синицын), сертифицированный РМРС и серийно строящийся производством ЗАО «АТТК» (рис. 2).



Рис. 2. Экраноплан пр. «Акваглайд» (общий вид)

Основные характеристики ЭПм «Акваглайд»

Длина габаритная, м.....	10,66
Ширина габаритная, м.....	5,9
Высота габаритная, м.....	3,35
Водоизмещение полное, т.....	2,4
Крейсерская скорость, км/ч.....	150 – 170
Дальность хода, км.....	400

Пассажиры ЭП размещаются в двух салонах, носовом (16 чел.) и кормовом (12 чел.), которые оборудованы креслами авиационного типа (рис. 3).

В ходовой рубке ЭП размещены два члена экипажа (капитан, помощник

капитана), посты управления экранопланом, двигателями и системами.

На основе базового варианта этого ЭП проработаны следующие его модификации:

– пассажирского ЭП повышенной комфортности (VIP-модификация) пассажироместимостью 8 чел. (рис. 4);

– служебно-разъездного (административного) вместимостью 16 чел. (рис 5).

Главная энергетическая установка ЭП (ГЭУ) состоит из турбовального двигателя ВК-2500РА с обеспечивающими агрегатами, трансмиссии для раздачи крутящего момента на два воздушных винта АВ-36, установленных на поворотном пилоне, систем управления и обеспечения работы двигателя, воздухоприемного и газовыхлопного устройств.

Поворотный пилон осуществляет поворот боковых редукторов с воздушными винтами на углы от 10 до 50° к горизонту для обеспечения всех режимов движения ЭП.

Основные характеристики двигателя ВК-2500РА

Тип.....	Турбовальный
Мощность на валу свободной турбины на взлетном режиме (ВЗЛ), л.с.....	2400
Максимальная мощность на крейсерском режиме, л.с.....	1750
Удельный расход топлива при +15° С на ВЗЛ режиме не более, кг/л.с.·ч.....	0,234
Поставочная масса двигателя, кг.....	320

Двигатель ГЭУ размещается в носовом отсеке корпуса и защищен от вредного воздействия морской влаги и соли специальными фильтрами в воздухоприемном устройстве.

Основные характеристики ГЭУ

Мощность, подводимая к винтам, с учетом потерь в трансмиссии, во входном и выходном устройствах и отборов мощности, л. с.:

на взлетном режиме	2100
на максимальном продолжительном режиме	1650
на максимальном крейсерском режиме	1400
Частота вращения воздушных винтов на взл. режиме, об/мин	1700

ГЭУ включает два воздушных винта АВ-36 регулируемого шага.

Технические характеристики винта АВ-36

Тип винта	ВИШ
Диаметр, м	2,65
Число лопастей	6
Масса, кг	130
Макс. частота вращения, об/мин.....	1700
Макс. мощность, потребляемая винтом, л. с.....	1400

Вспомогательная силовая установка (ВСУ), предназначенная для: запуска главного двигателя ВК-2500РА, питания электрических потребителей ЭП, подачи сжатого воздуха в системы кондиционирования и надува пневмобаллонов при неработающем главном двигателе и при разбеге ЭП, а также для обеспечения работы установки малого хода (УМХ). В качестве ВСУ используется доработанная модификация газотурбинного двигателя ТА-14.

Двигатель ВСУ располагается в кормовом техническом отсеке.

Системы и устройства ЭП включают системы управления поворотом пилона, закрылками, рулями направления, системы гидравлики, топливная, осушения, пожаротушения, хозяйственно-бытовой воды, кондиционирования воздуха и устройства – якорное, швартовное и буксирное. Выполнены в соответствии с требованиями ИМО и РМРС для ЭП.

ЭП оборудован средствами связи, соответствующими глобальной морской системе связи при бедствии (ГМССБ) и в соответствии с требованиями РМРС.

На ЭП в соответствии с рекомендациями «Временного руководства по безопасности экранопланов» ИМО установлены требуемые спасательные средства.

При заходе в порт и выходе из него, при маневрировании на плаву и причаливании ЭП использует установку малого хода, состоящую из выдвигного комплекса «гидромотор – водяной винт в насадке».

Экономические показатели ЭП. Произведенная оценка трудоемкости и стоимости создания ЭП, включая его проектирование, постройку и испытания, а также расчет показателей экономической эффективности эксплуатации на

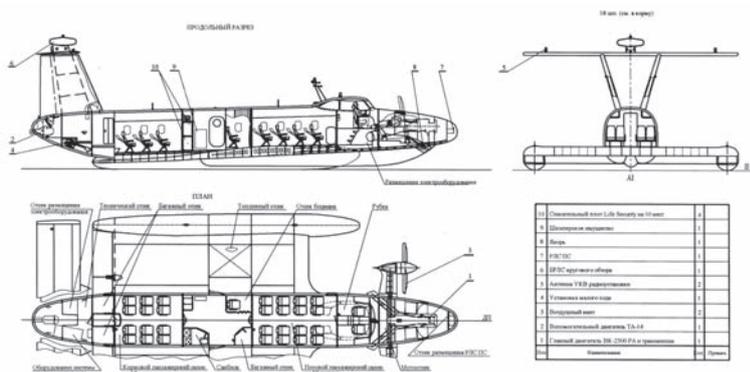


Рис. 3. Экраноплан пр. К02 (общее расположение)

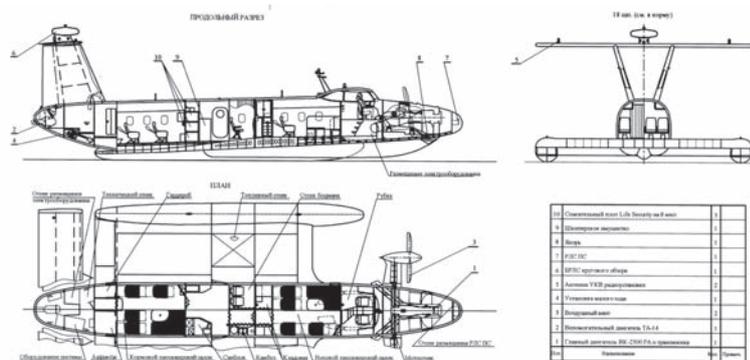


Рис. 4. Экраноплан пр. К02 (общее расположение, вариант VIP)

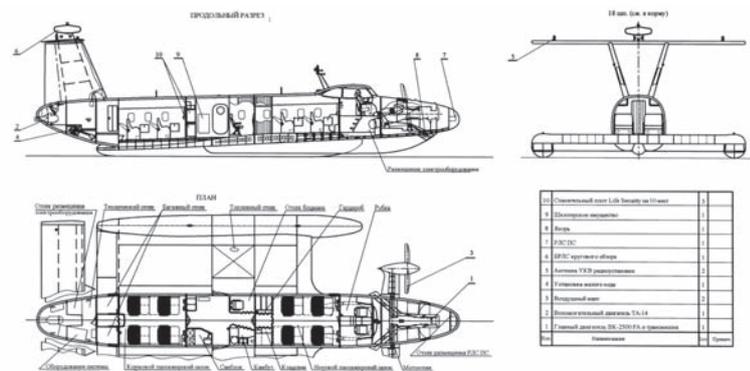
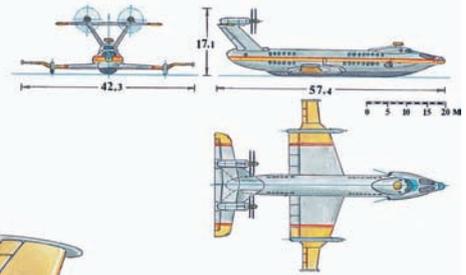


Рис. 5. Экраноплан пр. К02 (общее расположение, вариант служебно-разъездной)



МОРСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ЭКРАНОПЛАНЫ

ТИПА МПЭ

Модель экраноплана	МРЕ-10	МРЕ-23	МРЕ-55	МРЕ-200	МРЕ-400
Длина габаритная, м	21	30	40	57	73
Ширина габаритная, м	15	20	28	42	53
Высота габаритная, м	7	8	10	16	21
Взлетная масса, т	9-10	23-25	55-60	170-200	420-470
Пассажиропоемность, чел.	18	48	70	250	400
Крейсерская скорость, км/ч	240-270	280-320	300-320	360-410	450-500
Дальность, км	1000	1500	1500	2000	3000
Мореходность:					
- на взлете и посадке, Нн%5	0,75 м	0,8 м	1,2-1,3 м	1,8-2,0 м	2,5-3,0 м
- в крейсерском полете, Нн%5	1,25 м	0,8-1,25 м	2,0 м	3,0 м	6,0 м

Экранопланы представленного ряда позволяют обеспечить морские перевозки со скоростью движения от 250 до 500 км/ч в условиях высокой комфортности (отсутствия качки и вертикальных перегрузок) и безопасности, обеспечиваемой аэродинамической "трюмацией" в зарю, возможностью совершить посадку в любой точке на трассе полета, возможностью преодолеть препятствие у величине м высоты полета.

Рис. 6. Экраноплан пр. МПЭ-200 (общий вид)

пассажирских линиях протяженностью от 50 до 600 км с коэффициентом загрузки от 0,5 до 1,0, показывают, что ЭП пр. К02 будет высокоскоростным, высокоэффективным пассажирским судном. Срок окупаемости ЭП при эксплуатации его на линиях протяженностью 500 – 700 км при среднем коэффициенте загрузки пассажирами 0,8 составит около четырех лет.

Сертификация ЭП будет осуществляться РМРС в соответствии с «Временным Руководством по безопасности экранопланов», ИМО, (MSC/Circ. 1054), 2002г, Международным Кодексом безопасности высокоскоростных судов ИМО, (HSC Code 2000, Resolution MSC. 97(73)) с поправками до 2006 г., «Правилами классификации и постройки высокоскоростных судов» РМРС, 2004 г., с привлечением «Правил классификации и постройки малых экранопланов типа А», РМРС, 1998 г.

2. ПРОЕКТНЫЕ ПРОРАБОТКИ ЭП КОНСТРУКЦИИ ЗАО «АТК»

Морской пассажирский ЭП МПЭ-200 (рис. 6) – это, по классификации ИМО, ЭП типа В, предназначенный для перевозки 250 пассажиров со скоростью 400 км/ч на расстояние до 3000 км при мореходности на крейсерском режиме – до 3,5 м высоты волны.

Он имеет патент федерального Института промышленной собственности РФ на изобретение № 2076816 от 31.12.1992 г.

Aquaglide - 60 АТК

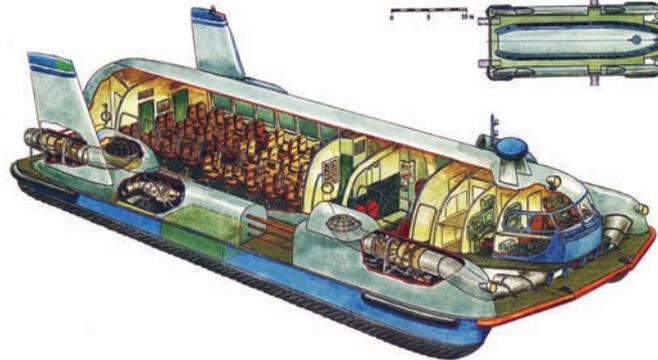
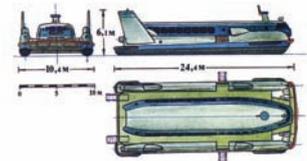


Рис. 7. Экраноплан пр. К03 (общее расположение, пассажирский вариант)

Aquaglide - 60F АТК

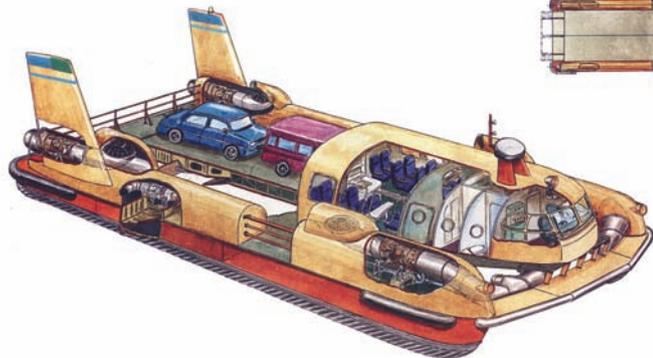
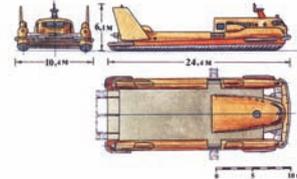


Рис. 8. Экраноплан пр. К03 (общее расположение, грузопассажирский вариант)

Основные характеристики ЭП МПЭ-200

Габариты $L \times B \times H$, м.....	57,4 × 42,3 × 7,2
Водоизмещение, т.....	200
Крейсерская скорость, км/ч.....	400
Команда, чел.....	4
Пассажировместимость, чел.....	250
Дальность хода, км.....	До 3000
Мореходность, м.....	3,5

Морской транспортный ЭП пр. К03 («Акваглайд-60») разработан в АГДК транспортно-амфибийной платформы (ЭПас – ЭП амфибийное судно) в пассажирском (рис. 7) и грузопассажирском (рис. 8) вариантах. По классификации ИМО это ЭП типа А, предназначенные для перевозки до 60 пассажиров или 10 т грузов со скоростью 120 км/ч на расстояние до 500 км при высоте волны до 1,25 м.

Основные характеристики ЭП пр. К03

Габариты $L \times B \times H$, м.....	24,6 × 10,2 × 6,0
Водоизмещение, т.....	30
Крейсерская скорость, км/ч.....	120
Команда, чел.....	4
Пассажировместимость, чел.....	До 60
Грузоподъемность, т.....	10–12
Дальность хода, км.....	До 500

Морской пассажирский ЭП пр. К 04 («Акваглайд-200») разработан в АГДК транспортно-амфибийной платформы (рис. 9). По классификации ИМО он относится к ЭП типа А. Предназначен для перевозки 200 пассажиров со скоростью 150 км/час на крейсерском режи-

Aquaglide - 200

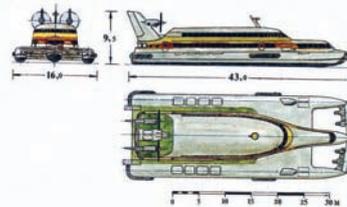
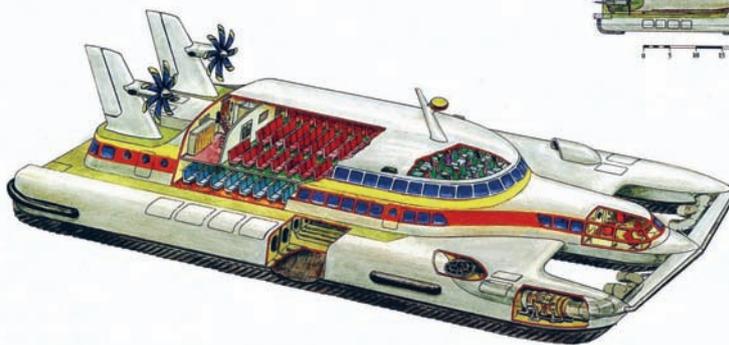


Рис. 9. Экраноплан пр. К04 (общий вид)

ме на расстояние до 600 км при высоты волны до 2 м.

Основные характеристики ЭП пр. К 04

Габариты $L \times B \times H$, м.....	43,0 × 16,0 × 9,5
Водоизмещение, т.....	100
Крейсерская скорость, км/ч.....	150
Команда, чел.....	7
Пассажировместимость, чел.....	До 200
Грузоподъемность, т.....	35
Дальность хода, км.....	До 600

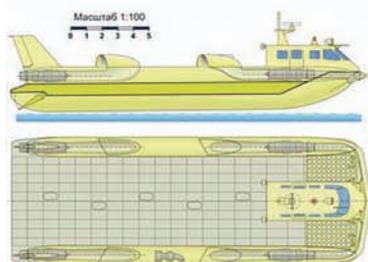
Экраноплан пр. АРТ-20 (рис. 10) – это амфибийный разгрузчик топлива – морской транспортный ЭП типа А по классификации ИМО, предназначенный для перевозки до 10 т жидкого топлива на рас-

стояние до 120 км со скоростью 100 км/ч (доставка жидкого топлива с борта танкера до берегового терминала). Может использоваться для перевозки другого груза.

Основные характеристики ЭП пр. АРТ-20

Габариты $L \times B \times H$, м.....	23,0 × 9,1 × 6,0
Команда, чел.....	3
Грузоподъемность, т.....	7–10
Дальность хода, км.....	120
Крейсерская скорость, км/ч.....	100

Имеет патент федерального Института промышленной собственности РФ на изобретение № 2258620 от 22.06.2004 г. и патент Роспрома на промышленный образец № 60950 от 15.03.2005 г. ■



АТТК **АТТ** **Aquaglide-200F (ART-20)**

Назначение:
Перевозка жидкого топлива с базового судна на береговые приемные пункты

Основные характеристики:

Полная масса, т.....	20...23
Грузоподъемность, т.....	7...10
Скорость, км/час:	
- на тихой воде.....	90
- на волнении до 1 м.....	65
- на снегу, ровном льду ..	100
Дальность, км.....	120
Экипаж, чел.....	3

Варианты размещения на АРТ-20 перевозимого топлива

- в кассоне платформы
- в наливном контейнере
- в цистерне
- в автоцистерне
- в бочках

Способы разгрузки:

- перекачкой
- грузоподъемными средствами
- вылезанием из-под груза
- самотеком
- ручную

Labels on the vessel: воздушный двигатель, вспомогательный энергоагрегат, антенна РРС, проблесковый маяк, соплло-эжектор, ТАНКЕР, ВОДА, ЛЕД, ПЛОТОВЫЕ ПУТЯ, БЕРЕГ.

Рис. 10. Экраноплан пр. АРТ-20 (общий вид)

В начале октября благодаря совместной инициативе нашего университета и РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова (НТОС) состоялся технический визит в Японию по приглашению Японского общества инженеров в области судостроения и океанотехники JASNAOE. В состав делегации, возглавляемой президентом НТОС, профессором В.Л. Александровым, вошли представители СПбГМТУ, «Адмиралтейских верфей», Канонерского судоремонтного завода, Северного машиностроительного предприятия, ЦМКБ «Алмаз», НПО «Аврора», концерна «Агат», ЦНИИ «Курс», СПМБМ «Малахит», Центра технологии судостроения и судоремонта, группы компаний «Транзас», концерна «Морфлот», ЗАО «Аквamarin», ЗАО «Мебиус», компании «AVEVA». Япония, добившаяся существенных успехов в коммерческом судостроении, занимает третье место в мире по объему продукции после Южной Кореи и Китая. Во время посещения Японии делегация ознакомилась с такими ведущими компаниями, как «Mitsui Engineering & Shipbuilding», «Mitsubishi Heavy Industries», «Universal Shipbuilding Corporation», «Kawasaki Heavy Industries», «National Maritime Research Institute», «Daihatsu Diesel».

Национальный морской исследовательский институт (NMRI), расположенный в г. Митака токийской префектуры, в определенном смысле является японским аналогом ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Здесь работает 220 сотрудников, среди которых 170 исследователей. Ранее институт был чисто бюджетной организацией, сегодня работает и с заказчиками по контрактам, в том числе бразильскими (в области offshore) и голландскими (MARIN, в области вычислительной гидродинамики).

Здесь делегация посетила ряд лабораторий, в частности, глубоководный бассейн (Deep Sea Basin), лабораторию испытаний на стендах разнонаправленной нагрузки (Multi Axis Loading System) и опытовый бассейн. В глубоководном бассейне исследуется позиционирование средств освоения океана, поведение райзеров и привязанных подводных аппаратов (глубоководных роботов) при наличии волнения и течений, вопросы глубоководного хранения углекислого газа.

Бассейн включает круглую мелководную часть глубиной 5 м и диаметром 14 м, а также глубоководный колодец диаметром 6 м и глубиной 30 м. Он снабжен оригинальным радиальным пластинчатым волнопродуктором для создания кольцевых волн, включающим 128 элементов, и трехмерной оптической измерительной системой. Волно-

РОССИЙСКИЕ СУДОСТРОИТЕЛИ В ЯПОНИИ

*К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.,
заслуженный деятель науки РФ,
проректор СПбГМТУ по международному сотрудничеству
в области науки и образования,
вице-президент Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 714 2923*

продуктор позволяет генерировать волны заданной конфигурации.

В лаборатории прочностных испытаний изучаются усталостные свойства конструкций, образование и распространение трещин (в том числе в углах люковых закрытий), потеря устойчивости конструкций. Бассейн для исследования ходкости водоизмещающих судов имеет длину 150 м, ширину 7,5 м и глубину 3,5 м, возможная максимальная скорость тележки – 6 м/с. NMRI также располагает: 400-метровым опытовым бассейном со скоростью тележкой (до 15 м/с), ледовым бассейном длиной 35 м, океанотехническим бассейном, оснащенным генераторами ветра и течения, мореходным бассейном длиной 80 м и шириной 27 м, тренажерным электронным судовым мостиком с динамической платформой, позволяющей моделировать килевую и бортовую качку судна. В Институте функционирует центр вычислительной гидродинамики.

В г. Чива делегация ознакомилась с работой одной из судовых верфей компании «Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd» («MES»). Площадь верфи – 87 га, на ней работает 1500 человек, в том числе собственно занятых в производ-

стве 600 чел. и еще 650 человек – персонал от подрядчиков. На верфи строятся крупнотоннажные танкеры VLCC (водоизмещением до 400 000 т), танкеры для перевозки природного и попутного сжиженного газа (LNG и LPG), а также контейнеровозы и балкеры. Имеется три дока, крупнейший из которых имеет длину 400 м и ширину 72 м. Отметим, что «MES» – одна из самых опытных в мире компаний по строительству судов LNG как сферического, так и мембранного типов. С 1984 года построено 13 судов LNG сферического типа (с объемом танков от 125 000 до 145 000 м³) и 3 судна мембранного типа с объемом танков 137 000 м³.

Завод располагает технологическим центром, где исследуются новые технологии очистки промышленных вод, выхлопных газов, новых источников энергии. Из последних разработок представляет интерес производство гидратов природного газа (Natural Gas Hydrates), обеспечивающее ежедневное изготовление 600 кг гранул NGH. Компания работает на создании новых возобновляемых источников энергии, используя биотехнологии, а также систему ферментации этанола для древесных видов топлива.



Глава российской делегации проф. В.Л. Александров выступает на встрече с японскими коллегами

Делегация посетила и судостроительный завод Koyagi Plant компании «Mitsubishi Heavy Industries» в г. Нагасаки. Он располагает уникальными сухими доками, в том числе доком длиной 990 м и шириной 100 м. Строятся танкеры LNG как сферического, так и мембранного типов водоизмещением более 10 000 т, контейнеровозы грузоподъемностью до 8100 стандартных контейнеров TEU, пассажирские паромы пассажироместимостью до 1400 чел., специализированные паромы для перевозки легковых автомобилей и грузовиков, научно-исследовательские суда для проведения пробного бурения на глубинах до 2500 м (при использовании райзеров). Завод также строит плавучие нефтехранилища. На машиностроительном производстве предприятия изготавливают морские главные паровые турбины, котлы, электрогидравлические редукторы, турбогенераторы, вспомогательные котлы, системы турбонаддува и для дизель генераторов, и для основных дизель-электрических установок. Предприятие производит собственные судовые системы управления, использует систему автоматизированного управления MATES 3D CAD/CAM, имеет свои исследовательские лаборатории (например, мореходный и опытовый бассейны), применяет современные расчетные методы оцен-



Общий вид судостроительного завода Кояги компании «Mitsubishi Heavy Industries» в г. Нагасаки

ки гидродинамики и прочности судов и сооружений.

Делегации также посетила судостроительный завод Универсальной судостроительной корпорации (Universal Shipbuilding Corporation – USC) и производство судовых дизелей (Hitachi Zosen) в г. Ариаке. Ариацкий завод, расположенный в префектуре

Кумамото, – самый большой и новый завод USC площадью 107 га.

Его строительные мощности включают сухие доки длиной 620 м и 420 м (при ширине 85 м и глубине 14 м) и 700-тонные порталные краны типа



Посещение верфи «Universal Shipbuilding Corporation»

Goliath. Завод специализируется на строительстве перспективных судов и океанотехники для японских и иностранных заказчиков. Известен как *судостроительный завод в лесу*, в том числе потому, что на его территории растет около 100 тыс. деревьев. Возник в 1973 г. как ариацкие мастерс-

годовой тоннаж строящихся судов – около 1 млн. т. Кроме того, завод строит корабли, исследовательские суда, суда береговой охраны. Дизели мощностью до 34 000 л.с. поставляет расположенный рядом завод компании «Hitachi».

Делегация ознакомилась с судостроительным заводом компании «Kawasaki Shipbuilding Corporation» в г. Сакайде, имеющим площадь около 91 га. Он имеет три сухих дока с размерами соответственно 380 × 62 × 10,3 м, 420 × 75 × 11 м и 450 × 72 × 12,3 м, причем последний используется для судоремонтных работ. Всего за время существования предприятия построено 284 судна, в том числе 24% – VLCC, 22% балкеров, 14% контейнеровозов и судов типа «ро-ро», 11% LNG танкеров, 11% LPG танкеров, 7% других танкеров, 11% других судов различных типов. «KSC» также строит подводные лодки, патрульные корабли, суда на подводных крыльях «Kawasaki Jetfoil» и нефтедобывающие платформы.

Интересным было посещение компании «Daihatsu Diesel Mfg Co. Ltd», которая производит судовые дизели и дизель-генераторы в г. Шига (Mogiyama Division) в широком диапазоне мощностей – от 600 до 5000 кВт.

В целом для японских коммерческих верфей характерны большие площади, прекрасная логистика и организация труда, широкое использование автоматизации и роботов, новых технологий (например, лазерной резки), поставка компонентов и оборудования по принципу just in time, высокая дисциплина производства. ■

сооружения, включая нефтедобывающие платформы, плавучие нефтехранилища и нефтеперерабатывающие производства, плавучие доки.

Годовой объем обрабатываемой стали составляет примерно 220 000 т,

С 7 по 10 сентября 2010 г. в Гамбурге в 24-й раз прошла ведущая мировая специализированная выставка в области судостроения, судового машиностроения и морских технологий «Shipbuilding Machinery and Marine Technology» (SMM-2010). Она стала очередным «барометром» для отрасли, в ней приняли участие 2 тыс. компаний из 58 стран, посетили 50 тыс. специалистов со всего мира.

«SMM снова очевидно доказала свою лидирующую роль как ведущая в мире выставка, – подвел позитивный итог Bernd Aufderheide, председатель правления «Hamburg Messe und Congress GmbH». – Мы отразили на SMM-2010 все актуальные и направленные на будущее темы в морской промышленности». При этом большинство посетителей составили представители судовладельцев и судоходных компаний, вторая по численности группа – руководители и специалисты верфей и производителей оборудования, одна треть – представители немецкого бизнеса. По результатам проведенных опросов, до 65% зарубежных посетителей положительно оценивают текущую экономическую ситуацию в судостроении и ожидают ее улучшения.

В этом году основные направления выставки и сопровождающей ее программы с многочисленными конгрессами и семинарами определяли экологически чистые технологии, оффшорная техника и вопросы финансирования судостроительной отрасли.

Как отметил Jaakko Eskola, президент Европейского Совета по морскому оборудованию (ЕМЕС) и вице-президент по вопросам судовых энергетических установок группы «Wärtsilä», успех выставки был одновременно успехом щадящих окружающую среду подходов: «SMM-2010 стала важным смотром «зеленых» технологий, которые требуются как судоходству, так и судостроению, явилась взглядом в будущее морской индустрии».

Обеспечение успешности в современной конкурентной борьбе, безу-



Для транспортной группы *Norways Fjord 1* на литовской верфи «Western Shipyard» в кооперации с «Fiskerstrand Verft» строится наибольший в мировой практике паром с двигателем на сжиженном газе

МИРОВОЕ СУДОСТРОЕНИЕ НА SMM-2010

Е.А. Горин, д-р эконом. наук,
советник вице-губернатора Санкт-Петербурга,
К.С. Чернов, официальный представитель
«Hamburg Messe und Congress GmbH» в РФ,
контакт. тел. (812) 576 4628

словно, требует эффективной кооперации верфей со всеми поставщиками, чему выставка в очередной раз предоставила хорошие возможности. Werner Lundt, главный управляющий немецкого Союза судостроения и морской техники (VSM), подтвердил эту оценку: «SMM-2010 продемонстрировала во всех разделах, что судостроительная промышленность всерьез воспринимает тему защиты окружающей среды и климата, одновременно с повышением эффективности и рентабельности, причем эти факторы не вступают в противоречия, что доказывается изобилием представленных инновационных разработок верфей и поставщиков судового оборудования».

Руководитель рабочей группы поставщиков оборудования для судостроения и оффшорной техники из Союза машиностроителей Германии (VDMA) Hauke Schlegel отметил, что «интенсивные дискуссии поставщиков оборудования в течение всех четырех дней выставки явились лучшим доказательством решающей роли, которую играет SMM в обмене техническими новациями в морской технике, успешно сочетая долгосрочные отношения с клиентами и развитие нового партнерства. Судостроение в очередной раз доказало, что происходит успешная адаптация продукции отрасли к ужесточившимся требованиям по охране окружающей среды и новым рынкам, включая динамично развивающийся сегмент оффшорной техники».

Среди представленных новых разработок – адаптируемый судовой мостик компании «Raytheon Anschütz», интегрированная система Valmarine и система судового контроля Vessel Control System, встроенные реактивные рули и силовые установки фирмы «Voith Turbo», установленные на Skandi Aker – «судне 2010 года» силовые установки компании «Siemens», новые версии буксировочных парашютов для судов SkySails, самый большой экспонат стенда «MAN» – двигатель 32/44 Common Rail Motor.

В конгрессной программе выставки около 400 экспертов на SMM Offshore Dialogue в течение двух дней вели дискуссии о состоянии и перспективах добычи нефти и газа в открытом море, морских глубоководных сооружениях и оффшорной ветроэнергетике. Не мень-

шее внимание вызвал ГМЕС – конгресс по вопросам охраны окружающей среды на море, а также проводимый в третий раз издательством «Financial Times Deutschland» (FTD) и «Hamburg Messe und Congress GmbH» форум Ship Finance Forum на тему: «Будущее финансирования строительства судов – кризисы и возможности».

На современное состояние мирового судостроения продолжает оказывать влияние мировой финансовый кризис 2008 г., существенно снизивший имевшиеся ранее радужные прогнозы на рост морских перевозок и наращивание качественных и количественных показателей строительства новых судов. Общий объем заказов мирового судостроения продолжает снижаться и составил по состоянию на август текущего года 7615 ед. суммарным дедеитом 480 млн. т. Количество заказанных танкеров, контейнеровозов и сухогрузов незначительно снижается, как тоннаж, что, впрочем, не относится к контейнеровозам вместимостью более 8 тыс. TEU и танкерам Suezmax.



Судно «Skandi Aker», построенное на «STX Norway Offshore AS» для национальной компании «Dofcon ASA» и признанное норвежским «судном 2010 года»

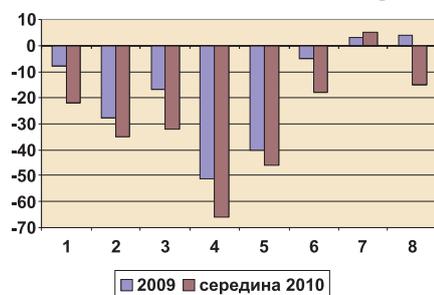
Представленные на SMM-2010 материалы подтвердили возрастание роли верфей Юго-Восточной Азии в мировом строительстве судов, заказы на контейнеровозы продолжают «уходить» из Европы, Японии и Южной Кореи и в основном размещаются в Китае и расположенных в этом регионе странах с низкой стоимостью рабочей силы. Так, немецкие судостроители уже не имеют заказов на такие суда. Более того, портфель заказов верфей Германии снизился в 2009 г. почти в два раза по сравнению с 2008 г., на 2011 г. из 42 верфей Германии только 4 имеют прогноз на полную загрузку, а в скромном портфеле гражданских зака-



Верфь компании «Nordic Yard» в Висмаре: на немецких верфях – проблемы с заказами

зов – речные и специальные суда, один круизный лайнер, два танкера, четыре парома и судна го-го, две круизных яхты. Второй страной, у которой значительно снизился объем судостроительных заказов, стала Турция.

Одновременно на 4% возрос в 2009 г. портфель заказов у судостроителей Вьетнама, однако в первой



Изменение объема заказов (в %) по итогам 2009 г. и к середине 2010 г. по отношению к уровню 2008 г.
1 – Китай; 2 – Южная Корея; 3 – Япония; 4 – Германия; 5 – Турция; 6 – Индия; 7 – Филиппины; 8 – Вьетнам

половине 2010 г. тенденция роста заказов для верфей этой страны не сохранилась.

Сложная ситуация на судостроительном рынке, отражающая последствия мирового финансового кризиса, заставляет правительства большинства стран, строящих суда, принимать меры по поддержке национальных производств, поэтому стоимость новых судов определяется уже не только рыночными механизмами. Общее ухудшение экономической ситуации привело к падению цен на суда в среднем до 5% в 2008 г. и до 22% в 2009 г., вместе с тем в первой

половине текущего года отмечался рост средних цен до 3%.

Динамика мирового судостроительного рынка в единицах дедвейта приведена в табл. 1, текущее состояние «портфеля» заказов по основным типам судов и странам – в табл. 2.

На мировом рынке строительства гражданских судов лидируют южнокорейские верфи: «Samsung Heavy Industries» (объем заказов – 196 судов тоннажем 8,5 млн. комп. рег.т), «Daewoo Shipbuilding» (176 судов, 7,9 млн. комп. рег. т), «Hyundai Heavy Industries» (186 судов, 7,1 млн. комп. рег.т), «STX Shipbuilding» (162 судна, 4,5 млн.

Таблица 1

Динамика мирового судостроительного рынка, млн.т дедвейта

Суда	2007	2008	2009	Август 2010 (прогноз 2010)
Портфель заказов				
Всего, в т.ч.:	539,5	619,6	527,0	480
газовозы	16,4	10,5	1,8	3,8
контейнеровозы	79,7	73,3	57,1	46,2
Заключенные контакты				
Всего, в т.ч.:	279,6	183,2	47,1	62
газовозы	2,8	1,0	0,1	0,4
контейнеровозы	38,4	12,7	1,2	2,4
Суда, сданные заказчику				
Всего, в т.ч.:	81,2	91,5	116,9	86,0 (153,7)
газовозы	3,7	6,9	5,1	1,9 (3,4)
контейнеровозы	16,7	18,6	13,9	10,8 (17,7)
Вывод судов из эксплуатации				
Всего, в т.ч.:	5,9	14,3	33,2	15,8 (34,9)
газовозы	0,5	0,6	0,7	0,3 (0,5)
контейнеровозы	0,3	1,7	5,9	1,7 (2,1)

Таблица 2

Портфель заказов основных судостроительных стран (по состоянию на август 2010 г.)

Страна	Количество судов, ед.	В том числе:					Суммарный тоннаж, млн. комп. рег.т	Общая стоимость заказов, млрд.долл.
		танкеры	балкеры	газовозы	контейнеровозы	оффшорные суда		
ВСЕГО	7615	1206	3254	161	649	715	144,7	402,8
Всего в странах Юго-Восточной Азии, в т.ч.:	6690	1073	3228	137	590	477		362,7
Китай	3083	281	1589	41	223	251	52,0	125,3
Южная Корея	1672	554	571	53	287	12	47,4	147,9
Япония	1230	204	812	37	30	13	24,2	64,8
Всего в европейских странах, в т.ч.:	682	70	22	11	54	120		32,9
Германия	60	1	0	1	24	5	1,4	6,7
Дания	5	0	1	0	0	0	0,1	0,4
Испания	56	1	1	0	0	29	0,5	1,6
Италия	32	1	0	0	0	9	1,4	7,6
Нидерланды	127	0	1	1	3	7	0,6	1,4
Норвегия	61	0	0	0	0	57	0,6	4,9
Польша	19	0	0	2	4	4	0,2	0,4
Турция	125	24	3	4	11	0	1,1	2,5
Украина	6	0	0	0	0	0	0,1	0,1
Финляндия	4	0	0	0	0	1	0,1	2,1
Франция	4	0	0	0	0	2	0,1	0,1
Хорватия	25	11	1	0	0	0	0,3	0,9
Другие страны, в т.ч.:	243	63	22	13	5	118		7,2
Бразилия	98	48	2	12	5	27	1,5	4,8
США	83	11	0	0	0	52	0,6	1,2

комп. рег. т), «Hyundai Mipo» (222 судна, 4,4 млн. комп. рег. т) и «Hyundai Samro» (95 судов, 3,7 млн. комп. рег. т), а также китайские: «Dalian Shipbuilding» (90 судов, 2,8 млн. комп. рег. т) и «Jiangsu Rongsheng» (92 судна, 2,8 млн. комп. рег. т).

Основными заказчиками судов остаются европейские компании – 46% по количеству и 43% по стоимости, а доля в мировом объеме некоторых стран составила: Германии – 11,5% по количеству (10% по стоимости), Греции – 10,4% (11,5%), Китая – 10% (8,9%), Японии – 7,2% (8,3%), Южной Кореи – 4,4% (4,6%), Норвегии – 4,3% (5,4%), Сингапура – 3,5% (2,1%), США – 2,5% (5,4%).

Выставка отразила все сферы мирового судостроения, вызвала большой интерес у специалистов отрасли, участников и посетителей. Выделялись национальные павильоны Китая, Южной Кореи, Норвегии, Дании, Франции, Нидерландов, Великобритании, США и, конечно, принимающая страна Германия.

В этом году российская национальная экспозиция была организована на SMM в восьмой раз, на площади почти в 500 м² было представлено 34 отечественных предприятия, в том числе «Объединенная промышленная корпорация»: ОАО «Балтийский завод» и ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»;

ОАО «Выборгский судостроительный завод», группа компаний «Морские и нефтегазовые проекты», ОАО «Завод «Красное Сормово», ЗАО «Завод дизельной аппаратуры», ОАО «Компрессор», ОАО «Концерн «НПО «Аврора», ОАО «Невский судостроительно-судо-

«Звездочка», ОАО «Зеленодольское проектно-конструкторское бюро», ОАО «Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь», ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро». Причем, впервые предприятия, входящие в ОАО «Объединенная судо-



Вице-губернатор Санкт-Петербурга М.Э. Осеевский на стенде компании «Транзас» с президентом компании Н.Ю. Лебедевым

ремонтный завод», ЗАО «Транзас», ОАО «Пролетарский завод», Российский морской регистр судоходства, ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика», «Объединенная судостроительная корпорация»: ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО

строительная корпорация», были представлены на едином стенде.

Экспозиция была оформлена представительством «Hamburg Messe und Congress GmbH» в РФ и ООО «Константа ЭКСПО» при поддержке Департамента судостроительной промышленности и торговли РФ, а деловая зона Санкт-Петербурга вновь сформирована при поддержке Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Администрации Санкт-Петербурга.

В работе российской национальной экспозиции приняли участие вице-губернатор Санкт-Петербурга – руководитель Администрации губернатора Санкт-Петербурга М.Э. Осеевский, председатель постоянной комиссии по промышленности, экономике и собственности Законодательного собрания Санкт-Петербурга А.С. Ольховский, начальник отдела Департамента судостроительной промышленности и торговли Российской Федерации В.Л. Тормасов. ■



Вице-губернатор Санкт-Петербурга М.Э. Осеевский на стенде «Объединенной промышленной корпорации» с генеральным директором ОАО «Балтийский завод» и ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» А.Б. Фомичевым



**World Maritime
Technology Conference**
29 May – 1 June 2012
Lenexpo, Saint Petersburg, Russia

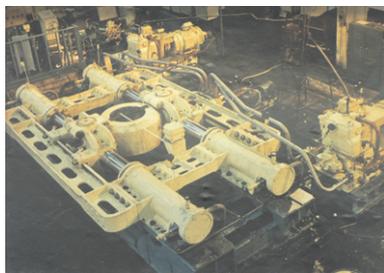
Подготовка Всемирной морской технологической конференции (World Maritime Technology Conference) набирает обороты. 1 ноября 2010 г. состоялось совещание представителей со-организаторов: Российского НТО судостроителей

и акад. А.Н. Крылова и компании Reed Exhibitions. Обсуждались направления работы конференции, ее предполагаемый состав исполнительного и программного комитета, потенциальные спонсоры и участвующие в ее освещении средства массовой информации. Информация о конференции, одобренной Морским советом при губернаторе Санкт-Петербурга, в ближайшее время будет представлена на заседании Морской коллегии при правительстве Российской Федерации.

Следующее совещание со-организаторов планируется в середине декабря в Лондоне.

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.



Для решения таких задач, как повышение надежности и производительности, стоящих перед современным судовым машиностроением необходимо широкое внедрение эффективных методов научных исследований в практику проектно-конструкторских работ. Одними из важнейших при этом являются научные методы оптимизации параметров машин, направленные на получение объектов с наилучшими свойствами.

Решение инженерных задач оптимизации в приемлемые сроки в большинстве случаев невозможно без применения автоматизации проектирования.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

При решении достаточно сложных задач возникает ряд противоречий, затрудняющих принятие конструктором выбор наилучшего варианта. Эти трудности сводятся к следующему.

1. Варианты, образующие множество допустимых решений, разнообразны по своей структуре. Так, тормоза подъемно-транспортных машин могут быть колодочными (с длинноходовым или короткоходовым магнитом или с гидротолкателем), ленточными, осевыми (с коническими или плоскими фрикционными элементами). Стрелы судовых кранов могут быть прямыми (с уравнительным полиспастом, блоком или барабаном), сочлененными (с прямым или профилированным хоботом), телескопические и т.д.

2. Для каждой структуры можно предположить множество допустимых вариантов, различающихся между собой по числовым значениям параметров.

Например, для коробчатого сечения балки при фиксированном моменте сопротивления существует бесчисленное множество сочетаний линейных размеров и толщин поясов и стенок, реализующих требуемый момент сопротивления.

3. Состав требований, предъявляемых к объекту, весьма широк, а сами эти требования находятся часто между собой в диалектическом противоречии: изменение параметров объекта с целью улучшения одних его свойств приводит к ухудшению других свойств. Так, стрелы судовых кранов должны иметь возможно меньшую массу, они должны обладать статической прочностью, сопротивлением усталости, статической и динамической жесткостью и т.д. При этом прямые стрелы для кранов средней и большой грузоподъемности легче сочлененных, что выгодно для завода-изготовителя и отчасти для эксплуатации, однако они имеют большие прогибы и время затухания колебаний, большие

К ВОПРОСУ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВЫХ КРАНОВ

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,

*А.А. Георгиев, нач. сектора судовых кранов, ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1004*

длины подвеса груза и его раскачивание, что мешает нормальной эксплуатации (увеличивает длительность цикла работы крана и уменьшает его производительность).

Механизмы передвижения кранов мостового типа с раздельным приводом легче, проще, дешевле, они лучше отвечают требованиям унификации при серийном производстве, чем механизмы с центральным приводом, однако приводят к увеличению перекосных нагрузок при несимметричном нагружении опор и, возможно, к увеличению массы кранов в целом.

В этих условиях выбор наилучшего, оптимального варианта уже невозможен на уровне интуиции конструктора, а требует специальной методологии. Оптимальное решение – это наилучшее решение в исследуемом множестве вариантов. Его нахождение и есть цель оптимального проектирования.

Исходя из этого определения, можно установить основные этапы оптимального проектирования:

1. Разработка расчетной схемы на основе геометрического изображения и системы параметров объекта, т.е. таких величин, задание значений которых достаточно для описания любого варианта, входящего в исследуемое множество.

2. Разработка системы критериев качества, т.е. функций параметров, характеризующих интересующие нас свойства объекта, и принятие одного из критериев качества за важнейший. Такой важнейший критерий качества, характеризующий наиболее значимое свойство объекта, называется целевой функцией.

3. Разработка системы ограничений на числовые значения параметров и критериев качества и тем самым формирование множества вариантов, на котором ищется оптимальное решение.

4. Формирование математической модели.

5. Разработка алгоритма оптимизации и его реализация на ЭВМ.

Под алгоритмом оптимизации понимают вычислительный процесс, позволяющий установить числовые значения параметров, доставляющие экстремум целевой функции при выполнении ограничений.

Важно отметить, что в связи со сложностью инженерных задач оптимального проектирования их решение может быть получено в приемлемые сроки только с применением быстродействующих компьютеров, которые могут очень быстро выполнять предписанные им операции. ЭВМ является лишь техническим средством решения задачи оптимального проектирования. Человек составляет алгоритм и программу решения задачи. Он же выполняет отладку программы, анализирует полученные результаты.

Таким образом, оптимальное проектирование требует определенного сочетания инженерного и математического подходов.

Вопросы разработки математических моделей и особенностей реализации алгоритмов оптимизации с применением современных аппаратных средств рассматривались в предыдущих публикациях, поэтому в рамках данной статьи остановимся подробно на этапах, предшествующих проведению непосредственно самих процедур оптимизации.

ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Как уже отмечалось, под параметрами объекта оптимизации понимают физические величины, в своей совокупности достаточные для его описания.

Взаимосвязь между параметрами и их значениями аналогична взаимосвязи между алгебраической величиной и ее числовым значением. Придав всем параметрам конкретные числовые значения, мы получим один из вариантов объекта.

При этом должны быть определены все параметры и не должно остаться неопределенных.

Систему параметров объекта, имеющего конкретную структуру, можно сформировать различным образом, однако в любом случае число параметров неизменно. Например, для дважды симметричного коробчатого сечения балки (рис. 1) можно предположить такие системы параметров: 1) h, b, δ_n, δ_c (рис. 1, а); 2) H, B, h, b (рис. 1, б); 3) h, b, δ_n, δ_c (рис. 1, в) и т.д.

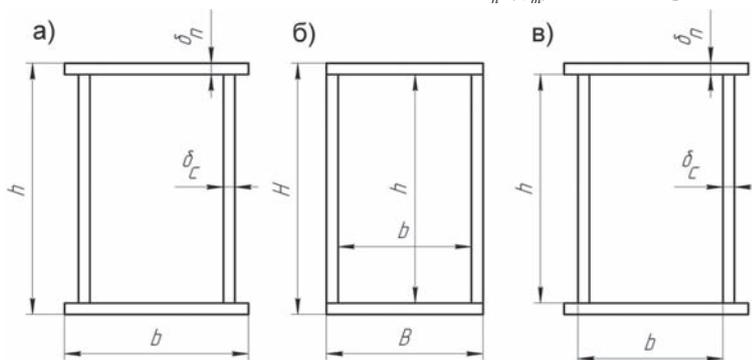


Рис. 1. Дважды симметричное коробчатое сечение балки

Составление системы параметров – это очень важный этап оптимального проектирования, во многом определяющий его стадии.

– При формировании системы параметров следует стремиться к тому, чтобы любой параметр мог принимать любые значения в достаточно широком диапазоне независимо от значений других параметров. Например, для многозвенных стреловых систем кранов, уравновешивающих устройств, клещевых грузозахватов, грейферных механизмов и т.п. систему параметров желательно составить так, чтобы при любом сочетании их значений выполнялись условия существования механизма.

– Далее желательно, чтобы изменение каких-либо параметров существенно влияло на характеристики объекта в полезном для нас смысле.

– Выбор системы параметров – весьма важный этап работы и требует глубокого понимания существа задачи и тонкой инженерной интуиции, поскольку он может влиять на всю стратегию решения, качественные свойства получаемого результата, быстроту сходимости вычислительного процесса оптимизации т.д. Например, площадь F коробчатого сечения, которую следует минимизировать, в системе параметров по рис. 1, а, имеет вид $F = 2(h\delta_c + b\delta_n)$, а по рис. 1, б $F = HB - hb$, т.е. во втором случае вычисляется как разность величин, имеющих близкие числовые значения, что, в принципе, нежелательно.

Поясним сказанное примерами:

На рис. 2 показаны три варианта системы семи параметров для уравновешивающего механизма с шарнирным четырёхзвенником и качающимся противовесом; углы φ_0 и φ_m установки стрелы на наибольшем и наименьшем вылетах являются ограничениями. Первый вариант (рис. 2, а) неудачен потому, что сочетания значений и параметров (X_4, X_5, X_6) и (X_1, X_2, X_3, X_5, X_7) могут оказаться несовместными. Второй и третий варианты (рис. 2, б, в) свободны от этих недостатков. Пусть далее требуется обеспечить некоторое (обычно довольно малое) значение M_n (φ_m) момента противовеса на

наименьшем вылете. Оно может быть достигнуто при определенном малом значении параметра X_6 , что во втором варианте (рис. 2, б) соответствует приближению заднего плеча противовеса к вертикали, а в третьем варианте (рис. 2, в) – приближению тяги к прямой, проходящей через ось качания стрелы.

Таким образом, в зависимости от принимаемой системы параметров в данном случае получаются существенно разные решения.

– Параметры, входящие в одну систему, могут иметь различные размерности; в рассмотренных примерах они являются линейными или угловыми величинами (рис. 2).

– Возможны и более сложные случаи. Например, для уравновешивающего механизма по рис. 2 б, в за параметры можно принять значения M_{n1} и M_{n2} уравновешивающего момента на граничных вылетах; тогда какие-либо две геометрические величины из $X_1 \dots X_7$ (например, углы X_5 и X_6) будут производными, зависящими от M_{n1} и M_{n2} и остальных параметров; они должны определяться из некоторых функциональных зависимостей либо по некоторому алгоритму.

Инженерные задачи оптимального проектирования конструкций, в том числе подъемно-транспортных машин, в большинстве являются многопараметрическими. При этом оказывается удобным пользоваться терминологией векторного анализа.

Параметры объекта оптимизации часто называют фазовыми координатами, поиск оптимальных параметров – поиск в многомерном пространстве,

а сам объект оптимизации в его конкретном варианте – многокомпонентным вектором \vec{X} , составляющие которого по

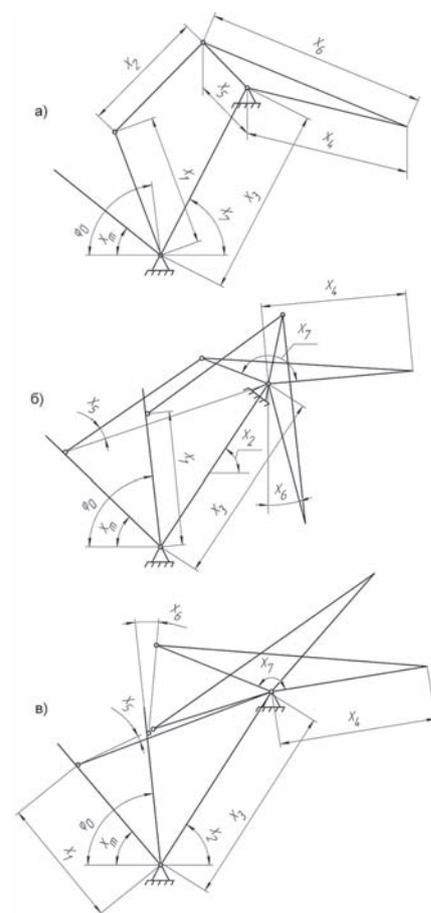


Рис. 2. Три варианта системы семи параметров уравновешивающего механизма

координатным являются оптимизируемыми параметрами $X_1 \dots X_n$. При числе параметров, не превышающих трех, такое представление можно интерпретировать геометрически.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Задачи оптимального проектирования можно разделить на два класса. К первому классу относятся задачи, в которых структура объекта считается заданной и речь идет лишь об определении числовых значений параметров, свойственных данной структуре. Такие задачи называют задачами параметрической оптимизации. К их числу относятся, например, оптимизация или сочлененных стрел или коробчатых сечений металлических конструкций и т.д. Во всех этих случаях тип объекта, его структура определены и в ходе оптимизации остаются неизменными.

Методология решения таких задач будет рассмотрена далее.

Ко второму классу принадлежат задачи, в которых предметом оптимизации являются не только параметры, но и структура объекта. Примеры таких задач:

выбор оптимального типа стрелового устройства для заданных условий (сочлененная стрела, прямая стрела с уравнивающим полиспастом, прямая стрела с уравнительным блоком или еще какая-либо структура стрелового устройства) или оптимального типа металлической конструкции стрелы (коробчатая, трубчатая, шпренгельная и т. д.). Такие задачи называют задачами структурной (структурно-схемной) оптимизации.

Практикой выработаны два принципиально различных подхода к решению задач структурно-схемной оптимизации: метод последовательного исследования множеств и метод оптимального проектирования с автоматическим поиском схем.

Согласно методу последовательного исследования множеств вначале на основе имеющегося опыта отбирают ограниченное число перспективных структур объекта, каждая из которых может быть описана своей совокупностью параметров. Далее последовательно проводят параметрическую оптимизацию каждой структуры (исследуют множество вариантов, реализующих данную структуру). Наконец, полученные оптимальные варианты сравнивают между собой и из них выбирают наилучший, принимая его за окончательное оптимальное решение задачи.

При автоматическом поиске схем вместо пространства параметров, описывающего известную конкретную структуру, вводят так называемое универсальное пространство параметров, в котором можно описать любую допустимую структуру, как известную, так и неизвестную. Параметрическая оптимизация, проводимая далее в этом пространстве, является одновременно структурной оптимизацией, так как в результате решения мы получаем ответ на вопрос о наилучшей структуре оптимизируемого объекта. При этом могут быть получены и изобретательские (эвристические) решения. Способ задания пространства параметров должен позволять описать любую допустимую форму; непрерывно переходить от одной схемы к другой; локально управлять изменением формы, оставляя часть ее неизменной.

Поясним это. Коробчатое сечение изгибаемой конструкции (рис. 3, а) описывается четырьмя параметрами (X_1, \dots, X_4), сечение трубы (рис. 3, б) – двумя (X_5, X_6).

Сечение по рис. 3, в описывается шестью параметрами ($X_1 \dots X_6$), образующими универсальное пространство параметров, которое охватывает конструкцию коробчатого (рис. 3, а), круглого (рис. 3, б) и произвольного сечений (заметьте, что число параметров в данном пространстве не обязательно должно быть равно сумме чисел параметров

структур, объединяемых им). Если критерии качества (например, площадь сечения) и ограничения (например, условия прочности, включающие моменты сопротивления) выражены через $X_1 \dots X_6$ по рис. 3, в, то, найдя из решения задачи оптимизации оптимальные значения $X_1 \dots X_6$, мы установим и оптимальную форму сечения, т.е. оптимальную структуру объекта.

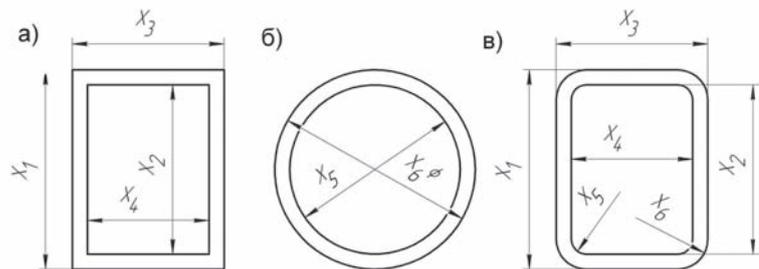


Рис. 3. Варианты описания замкнутых тонкостенных сечений

Так, если окажется, что в оптимальном случае $X_5 = 0, X_6 = 0$, то оптимальной формой будет коробчатое сечение; сочетание $X_4 = X_2 = 2X_3, X_1 = X_3 = 2X_6$ соответствует сечению круглой трубы.

Для оптимального проектирования подъемно-транспортных машин и их узлов более перспективным представляется метод последовательного исследования множеств.

Для формирования множества вариантов объекта, на котором производится поиск оптимального решения, необходимо правильно разработать и учесть различные ограничения. Они могут быть записаны в виде системы уравнений

$$h_k(X) = 0, k = 1, 2, \dots, K, \quad (1)$$

или неравенств

$$d_l(X) \geq 0, l = 1, 2, \dots, L, \quad (2)$$

а также ограничений сверху и снизу:

$$X_i^{(U)} \geq X_i \geq X_i^{(M)}, i = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где $h_k(X), d_l(X)$ являются функциями от некоторого параметра X , характеризующего систему. В совокупности они определяют наложенные на целевую функцию $q(X)$ ограничения.

Введение ограничений позволяет учесть реальные условия изготовления и функционирования объекта оптимизации с тем, чтобы оптимизация была физически осуществима.

Задача общего вида: минимизировать $q(X)$ при ограничениях (1) – (2) называется задачей условной оптимизации. Задача, в которой нет ограничений, т.е. $K = L = 0$ и $X_i^{(U)} = -X_i^{(M)} = \infty, i = 1, 2, \dots, N$, называется оптимизационной задачей без ограничений или задачей безусловной оптимизации.

Задачи оптимизации можно классифицировать в соответствии с видом функций q, h_k, d_l и размерностью век-

тора \bar{X} . Задачи без ограничений, в которых \bar{X} представляет собой одномерный вектор, называются задачей с одной переменной и составляют простейший подкласс оптимизационных задач. Задачи условий оптимизации, в которых функции h_k и d_l линейные, носят название задач с линейными ограничениями. В них целевые функции могут быть

либо линейными, либо нелинейными. Задачи, которые содержат только линейные функции вектора непрерывных переменных \bar{X} , называются задачами линейного программирования; в задачах целочисленного программирования компоненты вектора \bar{X} должны принимать только целые значения.

Задачи с нелинейной целевой функцией и линейными ограничениями иногда называют задачами нелинейного программирования с линейными ограничениями. Оптимизационные задачи такого рода можно классифицировать на основе структурных особенностей нелинейных целевых функций – задачи квадратичного, дробно-линейного программирования и т.д.

Деление оптимизационных задач на классы представляет значительный интерес, поскольку специфические особенности каждого из них играют важную роль при разработке методов решения.

Отметим, что применение методов линейного программирования оказалось плодотворным в различных задачах оптимального управления нединамическими системами (оптимальное размещение оборудования, организация транспортных потоков и др.). При решении задач оптимального проектирования специальных кранов используются аналитические методы и отдельные методы нелинейного программирования.

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА

Критерий качества – это функция параметров, характеризующая определенное существенное свойство объекта оптимизации. Применительно к любому варианту, фигурирующему в процессе поиска оптимального решения, необходимо уметь вычислить значения критериев качества и тем

самым «измерять» качество вариантов в определенном смысле.

Критерии качества могут быть заданы либо аналитическим выражением, либо замкнутым алгоритмом определения.

Состав одновременно учитываемых требований к подъемно-транспортным машинам и их узлам и к судовым кранам, в частности, весьма обширен и разнообразен, поэтому задачи оптимального проектирования в подъемно-транспортном машиностроении – это, как правило, многокритериальные задачи. Например, при выборе варианта схемы шарнирно-сочлененного стрелового устройства судового крана необходимо учитывать следующие показатели: геометрические (например, отклонение траектории груза от горизонтали при изменении вылета); кинематические (например, ускорение конца хобота при установившемся движении механизма изменения вылета) нагрузочные (например, характерные значения грузового неуравновешенного момента); показатели массы (массу показателей стрелового устройства и стрелового устройства в целом); энергетические (затраты энергии при работе механизма изменения вылета); стоимостные (себестоимость изготовления); экономические (приведение затраты в сфере изготовления и в сфере эксплуатации).

В некоторых случаях в аналитические выражения для критериев качества входят накладываемые ограничения на параметры.

Найти решение, оптимальное одновременно по всем показателям, в большинстве случаев невозможно. Решение, обращающее в минимум (максимум) один какой-то показатель, как правило, не обращает в минимум (максимум) другие. Поэтому приходится выбирать какой-то один критерий качества, являющийся для нас важнейшим. Такой критерий качества, характеризующий важнейшее свойство объекта, принимают за целевую функцию при оптимизации. Цель оптимизации – найти параметры \bar{X} объекта, доставляющие экстремум целевой функции q , т.е. найти

$$X \approx \max q \text{ или } X \approx \min q \quad (4)$$

В современных условиях решающая роль принадлежит экономическим требованиям, поэтому за целевую функцию при наиболее полной постановке задачи следует принимать экономический критерий качества. В условиях, когда одни и те же потребности могут быть достигнуты с помощью различных вариантов научно-технических решений, обуславливающих разные затраты общественного труда, решающим для оценки их целесообразности становится экономический эффект, оцениваемый в наиболее полной постановке по стоимости совокуп-

ной конечной общественной продукции за определенный период времени.

Экономический критерий качества целесообразно принимать за целевую функцию в следующих двух случаях:

1) когда экономические показатели объекта не могут быть определены с достаточной точностью из-за отсутствия необходимых данных; это часто имеет место на стадии эскизного и технического проектирования, когда для новых машин и должны определяться их оптимальные структура и параметры.

2) если у составляемых при оптимизации вариантов объектов значения экономического критерия качества различаются в пределах точности их определения.

Существует два способа разрешения таких противоречий.

Первый способ состоит в том, что бы принять за целевую функцию технический показатель, который в условиях сравнения вариантов может быть признан косвенным показателем экономического эффекта. Таким показателем для параметрической оптимизации крановых металлических конструкций (стрел, мостов, корпусов и т.д.) часто оказывается их масса. Многочисленными исследованиями установлено, что при прочих равных условиях (при фиксированных генеральных размерах кранов, марке материала, технологии изготовления) себестоимость изготовления металлических конструкций можно считать пропорциональной их массе. При структурной оптимизации такой подход является некорректным, поскольку сопоставляемые варианты предполагают различную технологию изготовления и имеют различные удельные (на единицу массы) трудоемкости изготовления.

Второй способ состоит в разработке комплексного критерия качества.

Комплексный критерий качества представляет собой выражение вида

$$q = \sum_{i=1}^p \alpha_i q_i \quad (5)$$

где q_i – частные критерии качества (единичные показатели эффективности); p – число учитываемых частных критериев качества; α_i – так называемый коэффициент весомости, отражающий важность, значимость i -го критерия качества, причем $q = \sum_{i=1}^p \alpha_i q_i = 1$.

Частные показатели качества q_i целесообразно вводить в выражение (5) в безразмерном виде, т.е., например, определять по отношению к показателям базового варианта или машины-прототипа.

Составление выражений целевой функции в форме (5) целесообразно лишь тогда, когда коэффициенты весомости α_i назначены обосновано, и теряет смысл, если они назначены произвольно.

Широко распространено определение коэффициентов весомости по методу экспертных оценок. При этом рекомендуется выполнять следующие правила. Степень компетентности всех экспертов в вопросе оценки должна быть примерно одинакова. В состав экспертных комиссий не должны входить авторы изделия. Число экспертов требуется не менее семи, иначе велика вероятность принятия случайного решения. Нецелесообразно отбрасывать крайние оценки. Все эксперты должны работать независимо друг от друга по единой методике с тем, чтобы результаты были сопоставимы.

Рассмотрим назначение коэффициентов весомости по одному из вариантов метода парных сравнений.

Составив номенклатуру одновременно учитываемых показателей качества эксперт сравнивает попарно значимость этих показателей, признавая каждый из двух показателей более важным, другой – менее важным. Такая операция вызывает меньше затруднений, чем ранжирование одновременно всех показателей.

Обозначив через α_i и α_j коэффициенты весомости показателей q_i и q_j , записывают альтернативные качественные высказывания; $\alpha_i \ll \alpha_j$, (α_i много меньше α_j); либо $\alpha_i < \alpha_j$, но не $\ll \alpha_j$; либо $\alpha_i \approx \alpha_j$; либо $\alpha_i > \alpha_j$, но не $\gg \alpha_j$; либо $\alpha_i \gg \alpha_j$ и строят матрицу вида $W = \|\omega_{ij}\|$. Элементы матрицы приписывают следующие значения:

$$\begin{aligned} \omega_{ij} &= 0 \text{ при } \alpha_i \ll \alpha_j; \\ \omega_{ij} &= 1 \text{ при } \alpha_i < \alpha_j, \text{ но не } \ll \alpha_j; \\ \omega_{ij} &= 2 \text{ при } \alpha_i \approx \alpha_j; \\ \omega_{ij} &= 3 \text{ при } \alpha_i > \alpha_j, \text{ но не } \gg \alpha_j; \\ \omega_{ij} &= 4 \text{ при } \alpha_i \gg \alpha_j. \end{aligned}$$

При этом, очевидно, $\omega_{i,j} + \omega_{j,i} = 4$; $\omega_{ii} = \omega_{jj} = 2$; $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \omega_{ij} = 2p^2$, где p – число показателей. Коэффициент весомости i -го показателя вычисляют по формуле

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^p \omega_{ij}}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \omega_{ij}} = \frac{\sum_{j=1}^p \omega_{ij}}{2p^2},$$

где в числителе сумма берется по элементам i -й строки матрицы.

При этом $\alpha_i = 1/p$ при средней значимости показателя q_i ; $\alpha_i < 1/p$ при его значимости ниже средней; $\alpha_i > 1/p$ при его значимости выше средней.

Число показателей, учитываемых при сравнении вариантов, не должно быть слишком велико, в противном случае коэффициенты весомости отдельных показателей приближаются к среднему значению $\alpha_{cp} = 1/p$. Можно рекомендовать $p \leq 7$.

Ниже показано определение коэффициентов весомости по изложенному методу для показателей прямых стрел судово-

вых кранов. Здесь m_{cy} – масса стрелового; K_3 – энергетический показатель, пропорциональный затратам энергии при работе механизма изменения вылета; L – длина грузовых канатов в зоне стрелового устройства; M – наибольшее значение грузовой неуравновешенного момента.

Заготовим таблицу по форме (табл. 1) для квадратной матрицы W , которую предстоит заполнить. Всем элементам главной диагонали матрицы ($i = j$) присваиваем значение, равное двум ($\omega_{ij} = 2$), так как любой показатель равноценен по важности самому себе. Показатель m_{cy} с позиции, например, инженера-конструктора завода-изготовителя является значительно более важным, чем грузовой неуравновешенный момент, поэтому в 4-й клетке первой строки эксперт записывает $\omega_{14} = 4$ и в 1-й клетке 4-й строки – $\omega_{41} = 0$.

циенты весомости (табл. 2). Таким образом, при сопоставлении вариантов стрелового устройства надлежит пользоваться комплексным показателем вида $q = 0,34 m_{cy} + 0,28 K_3 + 0,20 L + 0,12M$.

Эксперт, связанный не с проектированием и изготовлением, а с эксплуатацией крана, по-видимому, иначе оценит сравнительную значимость конкретных показателей и получит иные коэффициенты весомости. Окончательный вид показателя q может быть составлен с учетом мнений всех экспертов.

Для комплексной оценки качества подъемно-транспортных машин в целом используют также интегральный показатель качества по ГОСТ 22732–77, равный отношению суммарного полезного эффекта Π_4 от использования крана к приведенным затратам. Напри-

ент готовности, представляющий собой среднее относительное время пребывания машин в работоспособном состоянии в предельном стационарном режиме эксплуатации; M – масса крана; N_4 – общая мощность двигателей; $m_1 = 0,24$; $m_2 = 0,972$; $m_3 = 0,685$; $m_4 = 0,522$; $m_5 = 0,025$. Показатель m_2 по абсолютному значению наибольший из ($m_2 \dots m_5$), т.е. при оптимальном проектировании судовых кранов важнейшим являются параметры, изменение которых в наибольшей степени влияет на производительность крана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теория оптимизации находит сегодня эффективное применение во всех направлениях инженерной деятельности. К ним относятся, в первую очередь, проектирование систем и их составных частей, планирование и анализ функционирования существующих систем, инженерный анализ и обработка информации, управление динамическими системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по кранам / Под ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. – Т.1. – 536 с.; Т.2. – 559 с.
2. *Вейтцель Е.С.* Исследование операций: Задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
3. *Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэздел К.* Оптимизация в технике/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – Кн.1. – 349 с.; Кн.2. – 320 с.
4. *Брауде В.И., Тер-Мхитаров М.С.* Системные методы расчета грузоподъемных машин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 181 с. ■

Таблица 1

I	Показатель	J					$\sum_{j=1}^p = \omega_{ij}$	α_i
		1	2	3	4	5		
1	m_{cy}	2	3	4	4	4		
2	K_3	1	2					
3	L	0		2				
4	M	0			2			

Таблица 2

I	Показатель	J					$\sum_{j=1}^p = \omega_{ij}$	α_i
		1	2	3	4	5		
1	m_{cy}	2	3	4	4	4	17	0,34
2	K_3	1	2	3	4	4	14	0,28
3	L	0	1	2	3	4	10	0,20
4	M	0	0	1	2	3	6	0,12

Поступая далее подобным образом, эксперт заполняет всю таблицу и затем вычисляет искомые коэффици-

меры, для провизионных судовых кранов $J = m_1 \Pi_4^{m_2} K_r^{m_3} / M^{m_4} N_4^{m_5}$, где Π_4 – часовая производительность; K_r – коэффици-

- Информационно-поисковая - система -

К  **рабел.ру**

Судостроение. Судостроение. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

Актуальность проблемы автоматизации расчета электромагнитных полей на сложных технических объектах морского базирования (ТОМБ), например кораблей, обусловлена размещением на них большого количества всевозможных радиоэлектронных средств (РЭС), выполняющих различные функции. При этом используются передатчики с большими уровнями излучаемых электромагнитных полей в большом диапазоне радиочастот, и приемники, имеющие высокую чувствительность. Наличие дополнительных источников радиопомех в пределах корабля еще больше усложняют складывающуюся электромагнитную обстановку (ЭМО). Без детально обоснованных технических решений по организации совместного функционирования совокупности этих устройств невозможно обеспечить выполнение кораблем своих непосредственных функций. Все это приводит к необходимости проведения специальных работ по оценке электромагнитной совместимости эксплуатируемых на корабле радиотехнических систем, а также оценке электромагнитной безопасности для персонала, эксплуатирующего корабль.

В недалеком прошлом оценку электромагнитной обстановки на кораблях решали с помощью приближенных ручных методов расчета, основанных на результатах ходовых испытаний кораблей, либо с использованием масштабного моделирования (рис. 1) функционирования радиоэлектронных средств на корабле с применением натурных моделей [2].

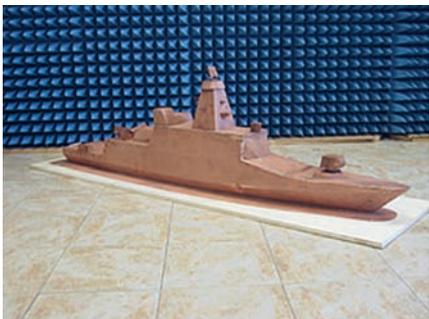


Рис. 1. Масштабное моделирование корабля для исследования его электромагнитных характеристик

С появлением мощных ЭВМ, позволяющих выполнять несколько миллионов операций в секунду, задача достаточно точного решения электродинамических задач численными методами стала интенсивно развиваться. Существует множество пакетов электродинамического моделирования всевозможных электро- и радиотехнических объектов различных частотных диапазонов [21]. Остановимся на анализе программных комплексов расчета высокочастотных электромагнитных полей, образующих-

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КОРАБЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЕГО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

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

ся при эксплуатации кораблей. При этом расположим программы в нашем анализе от более простых к более сложным.

Программа по оценке ЭМС РЭС НПФ «Гейзер» позволяет в ходе оценки электромагнитной обстановки формировать варианты применения радиоэлектронного оборудования, исходя из состава и характеристик радиоэлектронных средств морского подвижного объекта. При этом учитываются различные режимы функционирования приемников и передатчиков, а также их антенно-фидерных трактов.

Программный интерфейс позволяет оперативно изменять параметры моделирования, состав радиоэлектронных средств, режимы их функционирования, варианты размещения антенных постов на мачтах и надстройках (рис. 2).

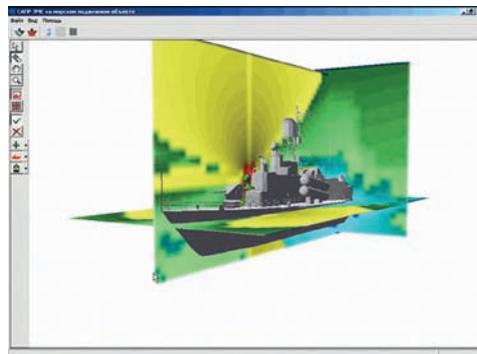
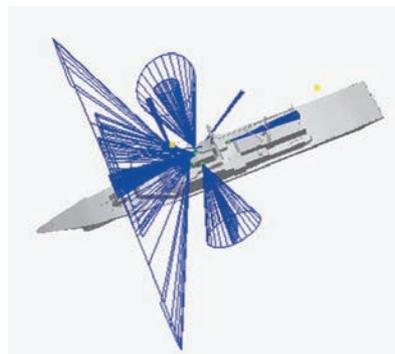


Рис. 2. Визуализации рассчитанной электромагнитной обстановки на корабле в программе фирмы «Гейзер»

Расчеты по оценке ЭМС РЭС корабля производятся в соответствии с методиками аналитического коэффициента подхода для попарного анализа взаимодействующих РЭС.

При проведении расчетов с помощью данной программы осуществляются [3 – 5]:

- автоматизированный ввод и хранение в базе данных тактико-технических характеристик РЭС корабля в объеме данных формы №1 Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ);
- проектирование трехмерной модели корабля, используемой при расчетах, в системе AutoCAD.
- определение возможных способов воздействия помех на радиоприемные устройства (основной и побочные каналы, групповая помеха, эффекты блокирования и интермодуляции);
- полный перебор всех рабочих точек (частот) при парной оценке ЭМС;
- составление списка источников

недопустимых помех с указанием их вида и интенсивности;

- расчет степени ухудшения качества функционирования РЭС по заданным критериям.

Программа КМ-ЭМС ОАО «ЦНИИ «Курс» позволяет прогнозировать электромагнитную обстановку и оценивать электромагнитную совместимость радиоэлектронных средств корабля радиосвязного и радиолокационного профилей. В основу программы положены методики расчета, использующие аналитическо-графический метод решения электродинамических задач [6, 7]. Отличительной чертой программы является возможность обработки входной информации с чертежей корабля в формате AutoCAD, расчет потерь полезной информации при применении устройств бланкирования импульсов непреднамеренных помех, в том числе и перспективных разработок, анализ электромагнитной безопасности для персонала, эксплуатирующего корабль (рис. 3).

Для учета вклада в общую электромагнитную обстановку на корабле контактных радиопомех разработана программа Corina (Contact Radio INterferences Application). Данная программа на основе разработанных моделей контактных радиопомех, а также с учетом факторов, влияющих на характеристики

складывающейся электромагнитной обстановки, позволяет прогнозировать спектрально-энергетических характеристик детерминированных и случайных, линейных и нелинейных контактных радиопомех на корабле с целью уточнения электромагнитной обстановки и обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем корабля (рис. 4). В основу электродинамического блока программы положен метод наведенных ЭДС [8 – 10].

Математическое ядро программы учитывает электрофизические, механические и технологические параметры разъемных контактных соединений верхнепалубных устройств корабля, уровень внешних механических и коррозийных 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. Структура программы состоит из макроблоков, осуществляющих расчет электрических параметров, расчет электродинамических

моделей, расчет механических режимов, содержит решающий блок по оценке влияния контактных радиопомех, а также обеспечивает возможность оперативного изменения исходных условий и анализа их влияния на характеристики контактных радиопомех за счет построения вычислительных макромоделей связи вход-выход.

Программа MMANA (Makoto Mori ANtenna Analyzer) и ее модификации предназначены для компьютерного моделирования антенн и любых других совокупностей тонкопроволочных структур (рис. 5). Она базируется на методе моментов (MoM) – численном методе решения уравнений электромагнитного поля – при котором общую конструкцию объекта аппроксимируют совокупностью взаимодействующих тонкопроволочных элементов, которые в дальнейшем сегментируют в соответствии с общими ограничениями MoM. Вычислительным ядром является MININEC [11].

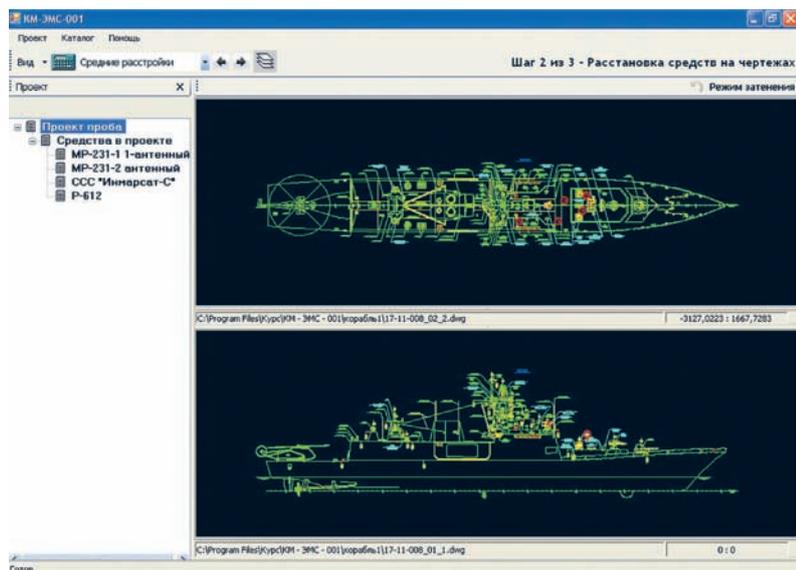


Рис. 3. Исходный чертеж корабля с расставленными антенными постами в программе КМ-ЭМС

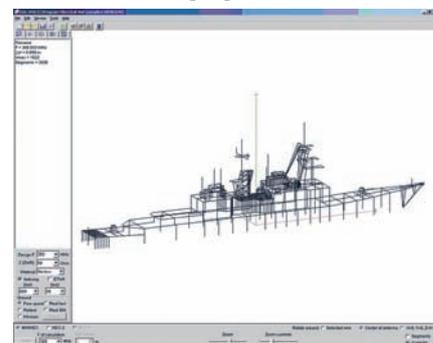


Рис. 5. Разбиение и аппроксимация конструкции корабля на систему взаимодействующих тонкопроволочных конструкций в программе MMANA

Программный комплекс «Волна» ООО «Научный центр прикладной электродинамики» предназначен для расчета параметров и характеристик антенн и объектов сложной геометрической формы, представляемых в виде проволочных структур, с учетом диэлектрической слоисто-неоднородной подстилающей поверхности (рис. 6).

Суммарная длина проводников структуры может достигать 30 000 длин волн и более.

Комплекс использует в качестве исходных данных расположение в пространстве конструктивных элементов антенн или объектов и позволяет рассчитывать распределение токов, диаграммы направленности и рассеяния в пространстве на произвольных расстояниях, в том числе в ближней зоне. Метод расчета – матричный волновой энергетический. Особенности программы: учет структуры пассивных многополюсников; реализация вычислительного процесса на распределенных вычислительных системах; вариация геометрических

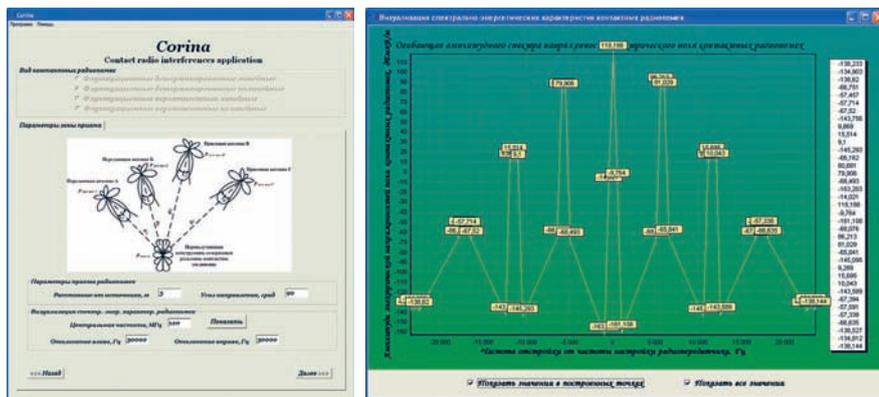


Рис. 4. Интерфейс программы Corina с окнами задания диапазона вывода результатов и рассчитанные амплитудно-частотные характеристики электромагнитного поля контактных радиопомех

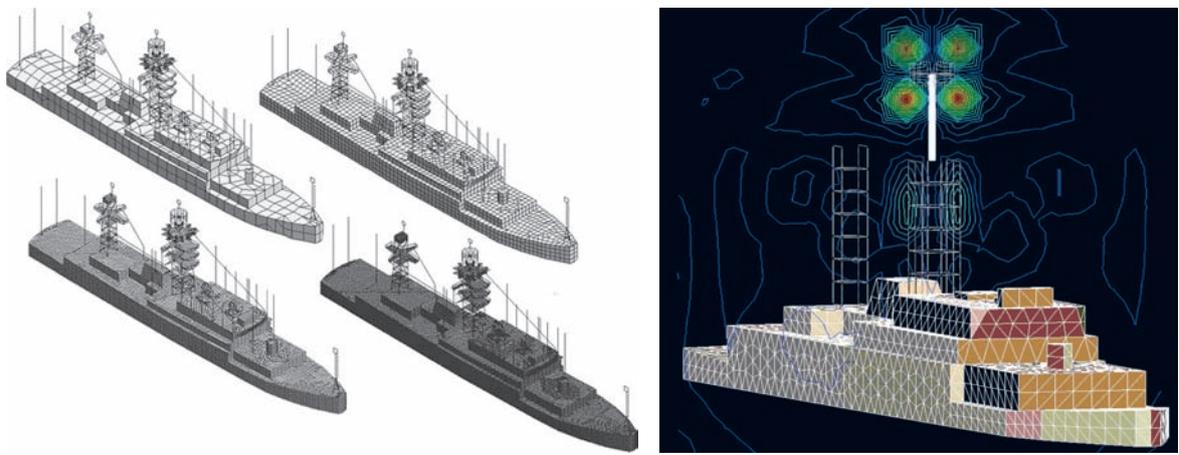


Рис. 6. Разбиение и аппроксимация конструкции судна на систему взаимодействующих тонкопроволочных конструкций в зависимости от частотного диапазона и визуализация рассчитанных интегральных электромагнитных характеристик радиопеленгаторов корабля

и электродинамических параметров моделей антенн [12].

Программа STAR3D High Frequency ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова реализует численными методами трехмерное компьютерное моделирование электромагнитных полей корабельных конструкций произвольной формы и топологии [13]. Отличительной особенностью программы является применение специальных граничных условий для срединной поверхности тонкостенных конструкций, что значительно уменьшает требуемые вычислительные ресурсы по сравнению с использованием метода конечных элементов, а также применение специальных консервативных схем численного расчета, обеспечивающих получение устойчивого решения даже при использовании сравнительно грубых и неравномерных сеток граничных элементов (рис. 7).

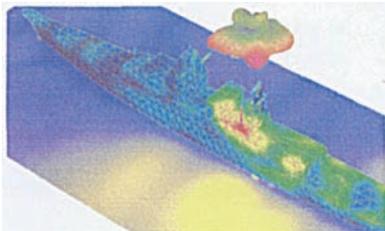


Рис. 7. Результаты расчета распределения плотности высокочастотных электрических токов корабля при использовании программы STAR3D High Frequency

Программа FEKO компании «EM Software & Systems» позволяет решать целый спектр задач по оценке электромагнитных полей на кораблях, включая электромагнитную совместимость и электромагнитную безопасность. Рассмотрим методы численного анализа, заложенные в программе FEKO [14 – 16].

Метод моментов (MOM – Method of Moments) применим к решению проблем расчета распределения токов на металлических и диэлектрических структурах и излучения в свободном пространстве.

Структуры являются электрически малыми и, как правило, являются металлическими, хотя специальные расширения метода позволяют учитывать включение диэлектриков, слоистых или конечных размерных форм. Исходные рассматриваемые поверхности разбиваются на взаимодействующие элементарные ячейки – треугольники (рис. 8). МоМ является полным численным решением волновых уравнений Максвелла для частотной области. Поскольку данный метод рассматривает взаимодействие N элементарных ячеек попарно, то требования к занима-

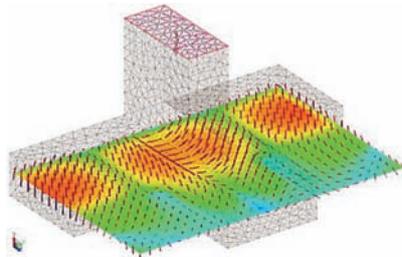


Рис. 8. Распределение полей в магическом T-образном волноводе с использованием МоМ

мой памяти при численном расчете пропорционально N^2 (для расчета матрицы импедансов излучения элементарных ячеек) в зависимости от детальности разбиения рассматриваемой геометрии в необходимой частотной области и пропорционально N^3 для времени расчета (для решения системы линейных уравнений). Существуют некоторые расши-

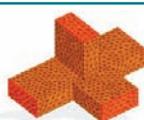
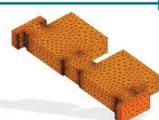
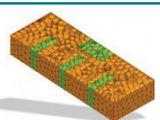
рения МоМ: принцип эквивалентной поверхности, принцип эквивалентного объема, планарные функции Грина для многослойных структур, периодические граничные условия и другие. Типичные применения для МоМ включают проволочные антенны, антенны, установленные на проводящих структурах и т.п.

Метод конечных элементов (FEM – Finite Element Method) применяется для моделирования электрически больших или неоднородных диэлектрических тел, которые не могут быть эффективно решены с помощью МоМ. FEM – техника разбиения объема, которая использует тетраэдры, чтобы наиболее точно аппроксимировать объемы произвольной формы, где диэлектрические свойства могут изменяться между граничными тетраэдрами.

Существует гибридный метод МоМ/FEM, который эффективно работает при наличии металлических поверхностей и гетерогенных диэлектрических тел. При этом сначала рассчитывается металлическая поверхность и находятся эквивалентные электрические и магнитные токи, которые формируют граничные условия для диэлектрических поверхностей. Наиболее типичное применение метода FEM при оценке взаимодействия людей с радиочастотным оборудованием (электромагнитная безопасность), либо моделирование волноводов с диэлектрическими блоками. В табл. 1 показаны производительные

Таблица 1

Использование памяти и времени расчета методом FEM

Характеристика	Магический волноводный ответвитель	Ku-диапазонный волноводный фильтр	Двунаправленный волноводный фильтр
Время выполнения (центральный процессор с частотой 3 ГГц)	33.4 с	17.2 с	13.7 с
Память	62.3 Мбайт	99.2 Мбайт	31.3 Мбайт
Модель			

Асимптотические оценки используемой памяти для МоМ и MLFMM

Применение, частота, МГц	Число ячеек	Используемая память	
		МоМ	MLFMM
Корабль (115×14 м), 107	100 000	150 Гбайт	1 Гбайт
Корабль (115×14 м), 150	200 000	600 Гбайт	2 Гбайт
Корабль (115×14 м), 214	400 000	2,4 Тбайт	4,5 Гбайт
Корабль (115×14 м), 340	1 000 000	15 Тбайт	12 Гбайт
Корабль (115×14 м), 414	1 500 000	33,5 Тбайт	18 Гбайт

ресурсы, необходимые при применении FEM для анализа отдельных радиотехнических узлов.

Многоуровневый метод моментов, использующий быстрый метод расчета (MLFMM – Multilevel Fast Multipole Method). Это более совершенная модификация МоМ. Для данного метода характерна зависимость занимаемой памяти при расчете $N \cdot (\log N)$ от количества взаимодействующих элементарных ячеек и зависимость $N \cdot (\log N)^2$ для времени загрузки центрального процессора. При этом эффективно использовано несколько параллельных процессоров, осуществляющих вычисления (рис. 9). Возможные применения MLFMM охватывают решение задач с электрически большими структурами, например, взаимодействие антенн на борту корабля, анализ вторичного рассеяния рефлекторных антенн. В табл. 2 приведено сравнение методов МоМ и MLFMM при расчете корабля в различных частотных диапазонах.

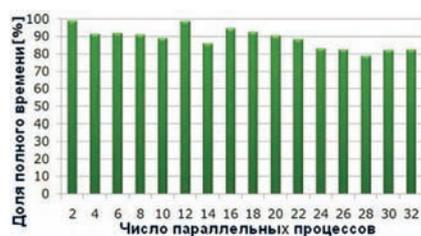


Рис. 9. Доля полного времени расчета (для всех итераций) для параллельного MLFMM для решения задачи при взаимодействии 3,18 млн. элементарных ячеек по сравнению с временем при использовании МоМ, взятым за 100 %

Методы физической оптики (PO – Physical Optics) используются в случаях расчета электрически больших металлических или диэлектрических структур. PO – приближенный высокочастотный численный метод, аналогичный UTD, однако основывающийся на токах, а не на лучах. Как правило, применяется в случаях, когда применение методов МоМ или MLFMM приводит к затратам исключительно больших ресурсов занимаемой памяти и затрачиваемого времени при расчетах. Существует также гибридный метод МоМ/PO, который модифицирует исходную матрицу взаимодействия элементарных ячеек. Примером применения гибридного метода МоМ/PO может быть расчет рефлекторной антенны, когда область облучателя моделируют с использованием МоМ, а область крупногабаритного отражателя с помощью PO.

Методы геометрической оптики (GO – Geometrical Optics) используется для электрически больших ($>20 \lambda$) электрических или диэлектрических структур. GO основан на технике распространения луча, при котором модели объектов рассчитываются на основе рас-

пространения, преломления и отражения оптического луча. Как правило применяется в случаях, когда применение методов МоМ или MLFMM приводит к затратам исключительно больших ресурсов занимаемой памяти и затрачиваемого времени при расчетах. Существует также гибридный метод МоМ/GO. Примером применения гибридного метода МоМ/GO может быть расчет линзовой антенны, когда область металлической антенны под линзой моделируют с использованием МоМ, а область большой диэлектрической линзы с помощью PO. На рис. 10 представлено сравнение методов GO и MLFMM для расчета диаграммы направленности линзовой антенны. При этом при достаточном близких значениях коэффициентов усиления метод GO потребовал в 33 раза меньше занимаемой памяти.

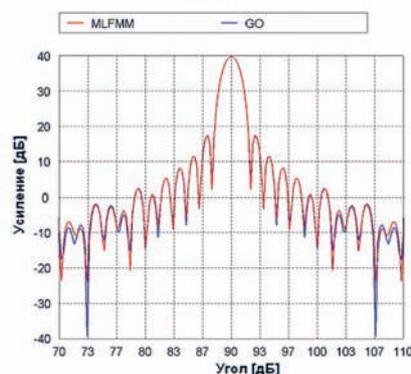


Рис. 10. Расчеты диаграммы направленности при применении методов GO и MLFMM

Метод однородной теории дифракции (UTD – Uniform Theory of Diffraction) представляет собой приближенный высокочастотный численный метод, подобный методу физической оптики. Применяется для случая чрезвычайно

электрически больших структур, когда необходимые вычислительные ресурсы (объем занимаемой памяти, время расчета) становятся критическими. Существует гибридный метод МоМ/UTD, который модифицирует исходную матрицу взаимодействия элементарных ячеек. Типичное применение метода UTD состоит в анализе взаимодействия радиолокационных передатчиков в разветвленной верхнепалубной архитектуре корабля (рис. 11).

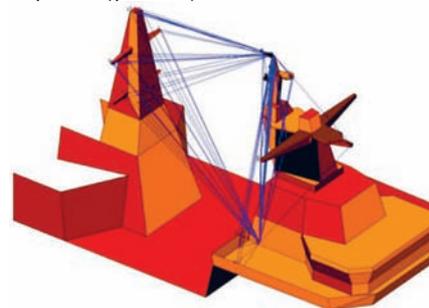


Рис. 11. Моделирование взаимодействия радиолокационных передатчиков на сложной структуре корабля с помощью метода UTD

Помимо наличия мощных математических пакетных ядер, реализующих те или иные методы расчета для различных ситуаций, программа FEKO имеет масштабную систему визуализации рассчитанных полей и характеристик радиотехнических систем (рис. 12, 13). На рис. 14 приведено сведение применяемых в FEKO методов расчета для различных задач.

При этом в зависимости от типа решаемой задачи можно ввести следующие классы электродинамических задач по адекватным для них методам решения:

✓ малый (например, коммуникационная антенна в свободном пространстве) – решается методом МоМ;

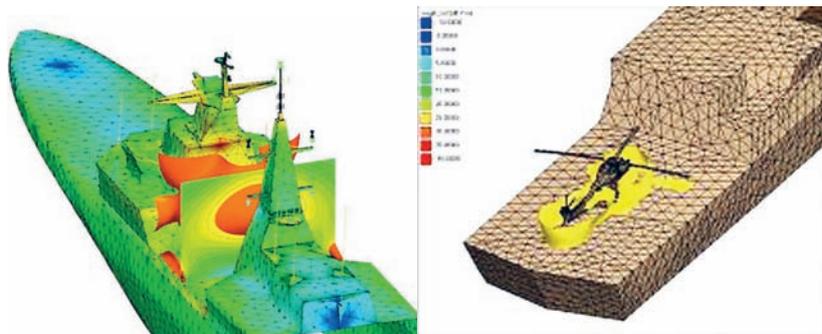


Рис. 12. Результаты расчета распределения плотности высокочастотных электрических токов корабля при использовании программы FEKO

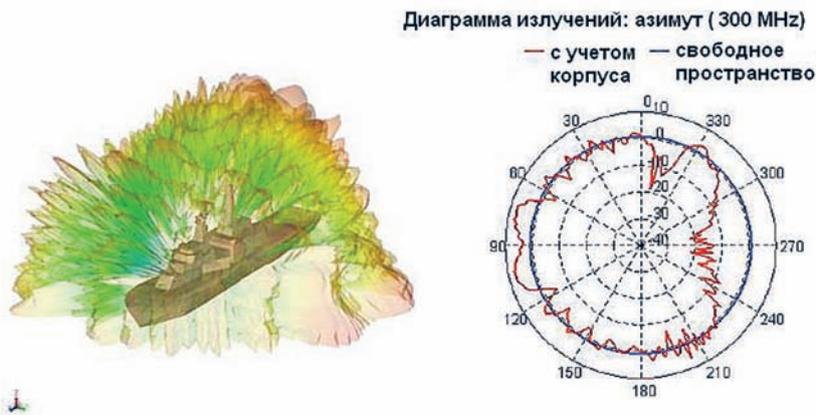


Рис. 13. Визуализация трехмерных электромагнитных характеристик и двумерная характеристика диаграммы направленности антенны в азимутальной плоскости корабля при использовании программы FEKO

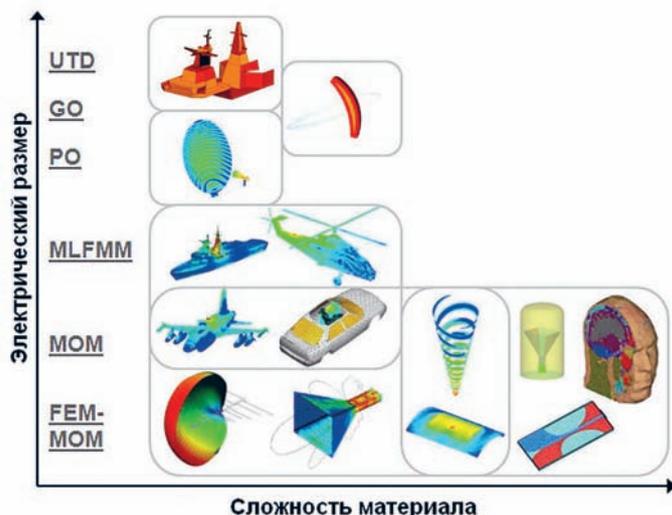


Рис. 14. Иллюстрация критериального разделения применяемых методов, заложенных в программе FEKO, в зависимости от величины электрического размера анализируемых объектов и сложности используемых материалов

- ✓ средний (например, высокочастотная антенна на платформе) – решается методом МоМ, возможно потребуется параллельная обработка;
- ✓ большой (например, коммуникационная УВЧ антенна на платформе, либо радиолокационная антенна) – решается методом MLFMM;
- ✓ громадный (СВЧ антенны на платформе) – решается методом МоМ/UTD,

где платформа может быть представлена плоскими многоугольными пластинами, либо методом МоМ/PO.

Следующей программой моделирования является программа EDF итальянской фирмы IDS, представляющая собой программную моделирующую среду для электромагнитного проектирования кораблей (рис. 15). Программа, оперируя трехмерной моде-

лью корабля, позволяет производить не только расчет электромагнитной обстановки и уровни электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, но и проводить оценку радиоэлектронной заметности корабля, проводя расчет его эффективной площади рассеяния, в том числе учитывая влияние подстилающей морской поверхности [17]. Также возможно оценивать электромагнитную безопасность на корабле для персонала. Для различных электродинамических задач используются следующие методы: МоМ, UTD, гибридные методы МоМ/UTD, МоМ/PO.

Программа GEMACS фирмы «Applied Research Associates, Inc» предназначена для моделирования электромагнитных полей сложных технических объектов (рис. 16). Для различных электродинамических задач применяются следующие методы МоМ, UTD, конечно-разностные методы в частотной области (FD – finite differences), метод собственного значения / метод собственного вектора (EV – eigenvalue/eigenvector), а также их гибридные сочетания [18].

Программа EMC Studio компании «EMCoS» специализирующаяся на электромагнитном моделировании крупногабаритных объектов дополнила стандартный метод МоМ двумя адаптивными схемами переразбиения моделируемых поверхностей на основе критериев LSDM (Level-Surface-Difference-Minimum): одна основана на оценке граничных условий (BCP – Boundary Condition Performance), вторая на анализе областей, имеющих высокие величины относительной плотности тока и заряда (SJQ – Surface Current and Charge) [19, 20].

Исходя из вышеизложенного, можно отметить следующие. Наиболее современным средством анализа интегральной электромагнитной обстановки на корабле являются численные методы решения такой электродина-

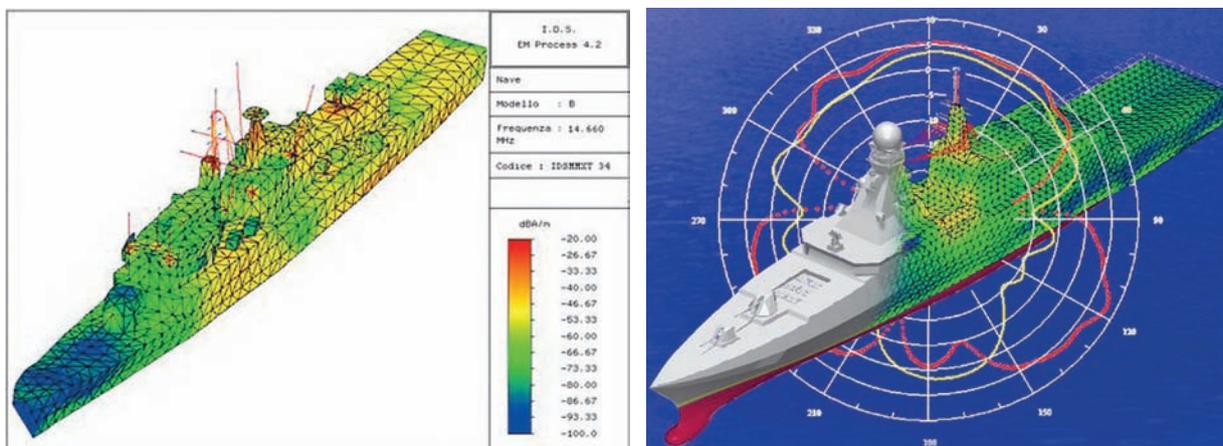


Рис. 15. Результаты расчета распределения плотности высокочастотных электрических токов и интегральные электромагнитные характеристики корабля при использовании программы EDF

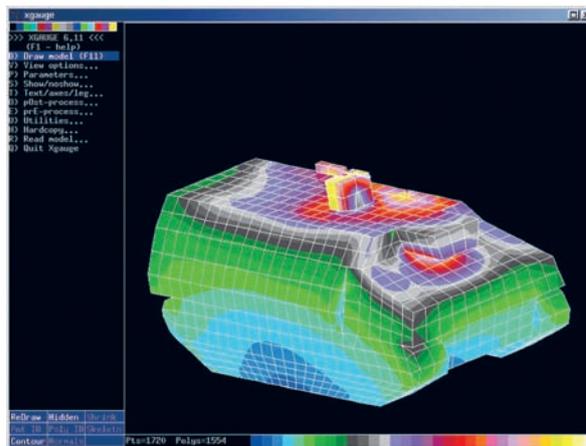
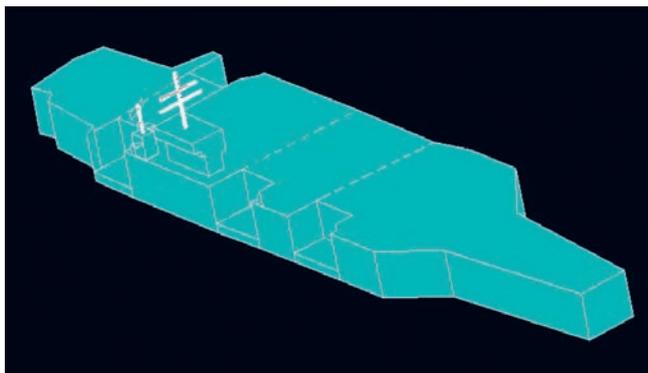


Рис. 16. Результаты задания конструкции и результаты расчета распределения плотности высокочастотных электрических токов части корабля «Carl Vinson» при использовании программы GEMACS

мической задачи на основе гибридных методов МоМ/UTD и МоМ/РО с использованием различных адаптивных схем расчета и разбиения моделируемых поверхностей. Рассмотренные программы охватывают значительный спектр моделируемых процессов, происходящих при эксплуатации кораблей. Однако помимо использования численных методов решения электродинамических задач на сложных технических объектах морского базирования актуально применение смешанных (комбинированных) численных и экспериментальных натурных моделей, которое на основе использования взаимных корреляционных связей физических и математических моделей позволит получить более точное и быстрее сходящееся решение конкретных задач.

Вместе с тем проведенный анализ существующих программных средств показывает, что не учитываются или слабо учитываются при оценке электромагнитной обстановки на кораблях:

- влияния помимо основных источников электромагнитных излучений источников, создающих атмосферные, индустриальные, контактные и другие виды радиопомех;
- подстилающая морская поверхность при различных метеоусловиях;
- деградация параметров рассматриваемых радиоэлектронных средств в ходе их эксплуатации при наличии жестких внешних воздействующих факторов;
- электромагнитная обстановка вероятностных методов расчета;
- анализ качества функционирования радиоэлектронных средств в складывающейся электромагнитной обстановке;

- моделирование сверхширокополосных систем, использующих для работы электромагнитные импульсы наносекундного и субнаносекундного диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52691–2006. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование и системы морской навигации и радиосвязи. Требования и методы испытаний. – 28 с.
2. *Вериков М.В.* Судовые антенны. – СПб.: Изд. ЦНИИ МФ, 2008. – 414 с.
3. *Авербах В.Е., Володин В.Н.* Актуальное направление решения проблемы электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств корабля // Морская радиоэлектроника. – 2004. – № 2 (8). – С. 18–21.
4. *Коваль В.А.* Электромагнитная совместимость корабельного вооружения // Русский инженер. – 2009. – № 2.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2005612434, рег. от 28.07.2005 РОСПАТЕНТ.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615518. Программный модуль автоматизированного позиционирования оборудования конструкций и директорий элементов архитектуры надстроек надводных кораблей, морских судов и других объектов с групповым размещением радиоэлектронных средств / Беяева А.Н. Рег. от 15.10.2009 РОСПАТЕНТ.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010613406. Программный комплекс расчетной оценки прогнозируемой электромагнитной обстановки на проектируемых объектах морского базирования / Дворников К.А., Чуриков А.Ю., Суворова Г.Ф. Рег. от 24.05.2010 РОСПАТЕНТ.
8. Грачев Н.Н., Лазарев Д.В. Детерминированные и вероятностные модели образования контактных радиопомех на подвижных объектах радиосвязи // Технологии электромагнитной совместимости: Науч.-техн. журнал. – 2008. – № 3 (26). – С. 9–23.
9. 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.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610475. Расчет линейных и нелинейных флуктуационных контактных радиопомех / Лазарев Д.В.; рег. от 20.01.2009 РОСПАТЕНТ.
11. *Гончаренко И.В.* Антенны КВ и УКВ. – Ч. I: Компьютерное моделирование. ММАНА. – М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио», 2004. – 128 с.
12. <http://www.scaegroup.com/dev.php>.
13. <http://www.ksri.ru/rus/ins/struct/physic.htm>.
14. <http://www.feko.info/industries/naval>.
15. *Банков С.Е., Курушин А.А.* Система 3D электромагнитного моделирования FEKO // EDA Express. – 1994/– № 7.
16. *Якобус У.* Новый метод FEKO MLFMM СВЧ-анализа крупногабаритных объектов // EDA Express. – 2005/– № 12.
17. http://www.idscompany.it/page.php?f=176&id_div=2.
18. <http://www.gemacs.com/Software/index.html>.
19. www.emcos.com.
20. *Жобава Р.Г.* Адаптивная схема Метода моментов в применении к задачам электромагнитной совместимости // EDA Express. – 2005/– № 12. – С. 14–19.
21. <http://emclab.mst.edu/csoft.html>. ■

Одной из существенных проблем, возникающих при эксплуатации амфибийных судов на воздушной подушке (АСВП), является засоление их газотурбинных двигателей при движении судна в морских условиях. Соли попадают в проточную часть турбины судна вместе с брызгами морской воды, которые выносятся в атмосферу струями воздуха из области воздушной подушки (ВП).

Для предотвращения засоления двигателей на АСВП устанавливаются специальные водоотделительные системы, включающие фильтры различной конструкции (вихревые или сетчатые), препятствующие поступлению морской воды в газовые турбины. Сложившаяся в настоящее время практика основывается на чисто эмпирическом подборе типов фильтров и их количестве. В то же время для обоснованного проектирования системы водоотделения, полезно было бы заранее знать количество воды, в виде брызг поступающее в двигатели, и ее дисперсность, т.е. средний размер капель и его разброс относительно этого значения.

Выполненные расчеты параметров облака брызг, окружающего АСВП при парении над водой [1], показали, что при отсутствии ветра траектории брызг уходят в сторону от судна (рис. 1), внутрь корпуса АСВП вода и содержащаяся в ней морская соль могут попасть только в условиях бокового ветра. В настоящей работе представлена методика расчета количества воды и соли, попадающей в двигатели, в зависимости от ветровой обстановки.

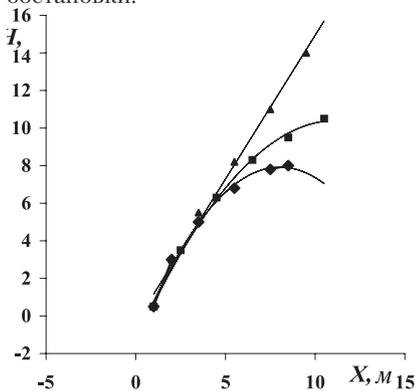


Рис. 1. Высота подъема H и дальность полета X капли радиусом r в облаке брызг вокруг АСВП SR №4 Mk-3 при безветрии
 ▲ - $r = 0,2$ мм; ■ - $r = 0,6$ мм;
 ◆ - $r = 1,2$ мм

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КОЛИЧЕСТВЕ МОРСКОЙ ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ В КОРПУС АСВП В УСЛОВИЯХ ВЕТРА

Решение данной задачи осложняется следующими проблемами:

1. Отсутствием адекватной математической модели, описывающей взаимо-

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА МОРСКОЙ СОЛИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ В ПРОТОЧНУЮ ЧАСТЬ ГАЗОВЫХ ТУРБИН АМФИБИЙНОГО СУДНА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ ПРИ ЕГО ПАРЕНИИ НАД ВОДОЙ

Н.В. Дьяченко, канд. физ.-матем. наук, СПбГМТУ, контакт. тел. +7 921 7885955

действие свободной турбулентной струи воздуха с набегающим потоком воздуха, т.е.с ветром.

2. Отсутствием математической модели, позволяющей выполнить расчет поля вызванных скоростей воздуха вблизи нагнетателя, особенно при воздействии ветра и с учетом обтекания конструкций корпуса судна.

3. Неопределенностью, связанной с состоянием окружающей среды, метеорологическими условиями, при которых необходимо выполнять расчеты. На траектории отдельных капель влияет не только скорость ветра, но и его направление, порывистость. Количество воды, попадающее внутрь корпуса, может зависеть от качки судна, т.к. в различных фазах качки положение корпуса судна относительно поверхности моря изменяется. Одни и те же капли могут быть либо захвачены потоком воздуха, идущим в нагнетатель, либо отразиться от борта надстройки корпуса и выпасть на поверхность моря.

Приняв ряд допущений и гипотез, можно выполнить оценку траекторий движения капель в условиях ветра, рассчитав при этом и количество воды, которая может попасть внутрь корпуса судна через воздухозаборники. Точность выполненного таким путем расчета будет обусловлена большей или меньшей справедливостью использованных допущений.

Для выполнения расчетов использованы следующие допущения:

1. Предполагается, что в условиях ветра вертикальная составляющая скорости турбулентной струи воздуха не изменяется, а ее горизонтальная составляющая в струе воздуха алгебраически складывается со скоростью ветра. Такой подход предложен Г. Абрамовичем в его монографии [1].

2. Принимается, что внутрь корпуса судна попадает *весь* объем воды, содер-

жащийся в тех каплях, траектории которых в условиях ветра направлены в сторону корпуса судна и поднимаются выше уровня крыши надстройки корпуса, т.е. выше приемного отверстия нагнетателя в корпусе судна. Это допущение оправдывается тем, что поле скоростей воздуха, создаваемое нагнетателем, значительно превосходит скорость ветра и скорости в турбулентной водовоздушной струе.

3. Предполагается также, что, несмотря на ветер, качка судна отсутствует, судно неподвижно относительно поверхности моря.

При этих допущениях удастся проинтегрировать систему дифференциальных уравнений движения капель в атмосфере [3] в условиях ветра, определить траектории капель и выполнить расчетную оценку количества воды, попадающей внутрь корпуса судна через нагнетатель вместе с потоком воздуха.

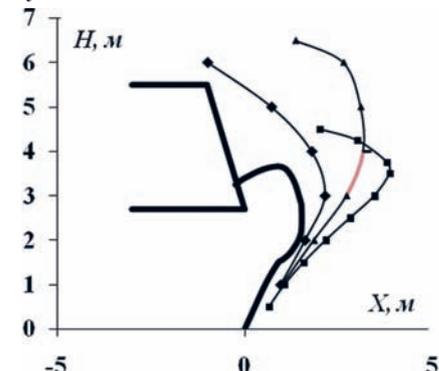


Рис. 2. Высота подъема H и дальность полета X капли радиусом r в облаке брызг вокруг АСВП SR №4 Mk-3
 ◆ - $r = 0,2$ мм; ▲ - $r = 0,8$ мм;
 ■ - $r = 1,2$ мм

На рис. 2 приведены результаты расчетов высоты подъема H и дальности полета X капель радиуса r в облаке брызг вокруг АСВП типа SR №4 Mk-3

в условиях бокового ветра со скоростью 10 м/с. При расчете использованы следующие технические параметры: масса судна $G = 300$ т; длина ВП $L_n = 50,3$ м; ширина ВП $B_n = 22,5$ м; величина избыточного давления в ВП $P_n = 2730$ Па; глубина впадины ВП на стопе $H_n = 0,278$ м; величина расхода воздуха через ВП $Q = 680$ м³/с.

Расчет [3] показал, что при боковом ветре скоростью $V_w = 10$ м/с у АСВП этого типа выше крыши надстройки поднимаются только капли с радиусом $r = 0,8$ мм и меньше. Капли с радиусом $r = 1,0$ мм и более отражаются от корпуса и падают на воду. Капли самого большого размера для данного судна имеют радиус $r_m = 2,0$ мм.

Для определения количества воды, попадающей в нагнетатель с 1 м периметра ВП, воспользуемся формулой Розина–Раммлера, Эта формула определяет, какая часть общего объема воды содержится в каплях, радиус которых не превышает r [4]:

$$S(0,4) = 1 - \exp(-5,81 \cdot (\frac{r}{r_m})^{3,1}) = 0,29,$$

$$\text{где } \frac{r}{r_m} = \frac{0,8}{2,0} = 0,4.$$

Согласно расчетам, выполненным ранее, общая величина объема захваченной воды с 1 м периметра ВП для АСВП этого типа равна $0,0375$ м³/см [3]. Учитывая, что диаметр шахты приемного отверстия нагнетателя $D = 1,8$ м, в ресивер судна через нагнетатели одного борта поступает $q = 2 \cdot 1,8 \cdot 0,29 \cdot 0,0375 = 0,039$ м³/с морской воды. (1)

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА МОРСКОЙ СОЛИ, ПОПАДАЮЩЕЙ В ПРОТОЧНУЮ ЧАСТЬ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Для того чтобы рассчитать массу морской соли, поступающей вместе с воздухом в проточную часть газовой турбины, необходимо иметь дополнительную информацию, а именно:

- количество воздуха, поступающего в двигатель;
- количество воздуха, поступающего через нагнетатель в ресивер;
- количество граммов морских солей, содержащихся в 1 л морской воды;
- количество сепараторов, установленных на входе в двигатель и показатель эффективности каждого сепаратора.

В доступной технической литературе можно найти весь объем необходимой информации применительно к АСВП типа SR №4 Mk-3 с двигателями Marine Proteus фирмы «Rolls Royce» [2].

В указанной работе приводится схема четырехступенчатой очистки воздуха перед поступлением его в воздухозаборное отверстие двигателя. Первая ступень

очистки воздуха осуществляется при прохождении центробежного нагнетателя. Воздух входит в шахту нагнетателя сверху вниз вертикально и в колесе нагнетателя разворачивается на 90° в направлении расположенных на периферии колеса лопаток нагнетателя. При этом мелкие капли воды увлекаются потоком воздуха и поступают в ресивер. Более тяжелые крупные капли по инерции продолжают движение по вертикали и выпадают из массы воздуха, поступающей в ресивер. Количественная эффективность такой очистки воздуха неизвестна.

Вторая ступень очистки воздуха – сепараторы инерционного типа «Циклон». Эффективность сепаратора данного типа – 94% (процентное количество объема жидкости, удаляемой из воздуха при прохождении сепаратора этого типа). Третья и четвертая ступени очистки воздуха – сепараторы сетчатого типа «Нитмаш». Эффективность сепараторов этого типа при прохождении каждой ступени оценивается в 99% [2]. Не учитывая очистку воздуха при прохождении нагнетателя, получим коэффициент K_1 , характеризующий величину объема воды, поступающей через фильтры в двигатель

$$K_1 = 0,06 \cdot 0,01 \cdot 0,01 = 6 \cdot 10^{-6}.$$

Будем считать, что в поступившем в ресивер воздухе капли воды распределены равномерно. При этом в систему очистки воздуха поступает количество жидкости, пропорциональное отношению количества воздуха, поступающего в двигатель и прошедшего через нагнетатель. Масса воздуха, проходящего через нагнетатель, равна сумме масс, направляемых в ВП и в двигатель. Масса воздуха, поступающая в двигатель, у рассматриваемого АСВП равна $m = 20$ кг/с.

Масса воздуха, поступающего через один нагнетатель в ВП

$$M = \frac{Q}{4} \cdot \rho = \frac{680}{4} \cdot 1,25 = 212,5 \text{ кг/с},$$

где Q (м³/с) и ρ (кг/м³) – расход и плотность воздуха соответственно.

Отношение масс равно

$$K_2 = \frac{20}{215,5} = 0,094.$$

Общее количество воды, поступающее в ресивер через нагнетатели одного борта, согласно (1), равно $0,039$ м³/с. В 1 л воды Черного моря содержится 35 г морских солей. Следовательно, в указанном количестве морской воды в двигатель попадает солей

$$m_{s1} = \frac{0,035 \cdot 0,039}{0,001} = 1,365 \text{ кг/с}.$$

Из этого количества солей в комплекс очистки воздуха поступит

$$m_{s2} = m_{s1} \cdot K_2 = 1,365 \cdot 0,094 = 0,128 \text{ кг/с}.$$

После прохождения трех сепараторов в машинное отделение судна поступит масса морских солей

$$m_s = m_{s2} \cdot K_1 = 0,128 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 7,7 \cdot 10^{-7} \text{ кг/с}.$$

Это количество соли будет распределено между четырьмя двигателями судна. В один двигатель поступит

$$m = \frac{7,7 \cdot 10^{-7}}{4} = 1,93 \cdot 10^{-7} \text{ кг/с}.$$

Массовое отношение количеств морских солей и воздуха на входе в проточную часть двигателя составит:

$$\frac{m_s}{m} = \frac{1,93 \cdot 10^{-7}}{20} \approx 0,9 \cdot 10^{-8} = 0,009 \text{ ppm (пропромилле)}.$$

Полученное расчетное количество соли согласуется с данными зарубежной практики. Так в докладе главного конструктора АСВП SR-№4 Р. Виллера [5], в котором описывается процесс засоления главных двигателей головного судна серии SR-4 Mk-1 (001), ставилась задача получить степень очистки воздуха 0,01 ppm. Поставленная цель оказалась достигнутой, для этого потребовалось установить последовательно три сепаратора на входе в машинное отделение судна. Их описание и технические характеристики приведены в [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенная схема расчета позволяет получить необходимую информацию для проектирования фильтров очистки воздуха от воды. Она, однако, нуждается в дальнейших уточнениях как в части принятых допущений, так и в отношении накопления опыта расчетов применительно к АСВП других типов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович Г.Н.* Теория турбулентных струй. – М.: Физматгиздат, 1960.
2. *Демешко Г.Ф.* Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке. – Т.1,2. – СПб.: Судостроение, 1992.
3. *Djachenko N.V.* A cloud of water drops around the air-cushion vehicles. – International Conference on Superfast Marine Vehicles, moving above, under and in Water Surface, St-Petersburg, SPbSMTU, 2008.
4. *Дьяченко В.К., Дьяченко Н.В.* Методика расчета параметров облака брызг, окружающих амфибийное судно на воздушной подушке (АСВП) при парении над поверхностью воды. – Тр. ЦНИИ им. А.Н.Крылова, 2009, вып. 49(333), с.111 – 122.
5. *Wheeler R.L* Present Phase of the Mountbutton Class (SR № 4) Hovercraft Development. – RINA Reports, 1968. ■

Центром сервисного и гарантийного обслуживания (ЦСГО) концерна проводится ряд мероприятий по созданию системы интегрированной логистической поддержки, а именно: разрабатываются номенклатурные перечни ЗИП, осуществляется каталогизация и разработка программного продукта для упрощения формирования заказа. В настоящее время решается задача координирования работ по каталогизации, которую ведут все субъекты и участники военно-технического сотрудничества, с целью сдачи полученных материалов национальным центрам каталогизации стран-иностранных заказчиков российской продукции военного назначения. Цель этих работ – сокращение стоимости и повышение качества каталогизации.

ОАО «Концерн «НПО «Аврора» является разработчиком и изготовителем наукоемкой продукции и осуществляет полный цикл создания систем,

от разработки до послепродажного обслуживания. Технический надзор, сервисное обслуживание, сопровождение эксплуатации, ремонт и модернизация комплексов в течение всего жизненного цикла корабля, организует ЦСГО, консолидируя научно-технический, конструкторский и производственный потенциал концерна.

КАТАЛОГИЗАЦИЯ ЭКСПОРТИРУЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*И.В. Бондаренко, директор,
В.И. Рожнов, зам. директора,
Центр сервисного и гарантийного обслуживания, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5546*

В соответствии со стратегией развития ЦСГО сегодня реализует комплекс первоочередных мероприятий для создания системы интегрированной логистической поддержки.

1. Для улучшения сервисного обслуживания изделий номенклатуры концерна, поставляемых на экспорт, сокращения сроков удовлетворения

Наименование изделия	Номер перечня	Номер позиции по иерархии	Полное наименование предмета снабжения	Наименование предмета снабжения	Марка, типоразмер предмета снабжения	Обозначение предмета снабжения	Обозначение документа	Признак «обозначение документов»	Код ОКП предмета снабжения	Перевод на англ.	Код единицы измерения (КЕИ)	Количество	Признак «Получные изделия»	Код ОКПО, наименование, адрес изготовителя	Федеральный номенклатурный номер	Применяемость	Краткое текстовое описание	Код пригодности изделия	Наработка на отказ	Примечание
ЗИП бортовой к изд. АИУС «Лама-ЭКМ» пр. 636		1																		
АИУС «Лама-ЭКМ»	ДАИЕ. 466459.008 ЗИ.50	1.1	Модуль МВУ12	Модуль		ДАИЕ. 468749.024-01	НУ	64929 22452	Modul МВУ12	796	1		ОКПО 07524858, ОАО «Концерн» НПО «Аврора», 194012, СПб, ул. Карбышева, 15			Назначение: Модуль МВУ12 в исполнениях ДАИЕ.468749.024 и ДАИЕ.468749.024-01 предназначен для коммутации (по внешним сигналам управления) и защиты цепей силового электропитания двухобмоточных электромагнитов (ЭМ) исполнительных органов (ИО) СУ ТС. Основные размеры. Условная ширина: 20 Габаритные размеры(в x h x L), мм: 19,5 x 283 x 276 Масса, г: 1250 <u>Осн.потребит.характер.</u> Суммарное время нахождения обмотки под напряжением, ч (при температуре окружающей среды от -60 до +85° С, атмосферном давлении от 5 до 2280 мм рт. ст. и коммутационном токе до 2 А), 100.	51	75 000 ч.		
АИУС «Лама-ЭКМ»	ДАИЕ. 466459.008 ЗИ.50	1.2	Модуль МВУ11	Модуль		ДАИЕ. 468749.022-01	НУ	64929 22447	Modul МВУ11	796	1		ОКПО 07524858, ОАО «Концерн» НПО «Аврора», 194012, СПб, ул. Карбышева, 15			Назначение: Модуль МВУ11 в исполнениях ДАИЕ.468749.022 и ДАИЕ.468749.022-01 предназначен для коммутации (по внешним сигналам управления) и защиты цепей силового электропитания однообмоточных электромагнитов (ЭМ) исполнительных органов (ИО) СУ ТС. Конструктивные характеристики: Условная ширина: 20 Габаритные размеры(в x h x L), мм: 19,5 x 276 x 281 Масса, г: 1200 Условия эксплуатации: Модуль применяется в составе систем управления и регулирования. Суммарное время нахождения обмотки под напряжением, ч (при температуре окружающей среды от -60 до +70° С, атмосферном давлении от 630 до 2280 мм рт. ст. и коммутационном токе до 2 А), 10 000. Частота срабатывания, Гц не более 2. Сопротивление обмотки, Ом 1100±-110.	51	75 000 ч.		

Рис. 1. Фрагмент номенклатурного перечня ЗИП

заявок иностранных заказчиков на поставку ЗИП и комплектующие, ФГУП «Рособоронэкспорт» совместно с ЦСГО разработали номенклатурные перечни ЗИП (рис.1) и технологического оборудования концерна.

2. Проводятся работы по каталогизации (идентификации) перечней ЗИП и комплектующих на основании правил Системы каталогизации НАТО. Каталогизированные предметы снабжения включаются в федеральный каталог продукции РФ с присвоением федерального номенклатурного номера (ФНН). Перечни ЗИП с присвоенными ФНН будут передаваться иностранному заказчику (рис.2).

Каталогизация предметов снабжения экспортируемой продукции военного назначения проводится с целью выполнения соответствующих требований контрактов с иностранными заказчиками или в инициативном порядке для повышения конкурентоспособности отечественной продукции, подготовки к участию в тендерах, выставках, в рекламных целях и др.

Каталогизация закупаемой и эксплуатируемой продукции способствует реализации эффективной государственной технической и ценовой политики при принятии решений по оптимизации системы заказов, материально-технического обеспечения, эксплуатации и ремонта техники, в том числе позволяет исключить закупку различными государственными заказчиками дублирующей продукции и необоснованное завышение цен, резко сократить время доставки запасных частей в эксплуатирующие организации и значительно сократить затраты на их хранение.

С помощью разработанных (классифицированных) каталогов ЗИП оперативно решаются задачи взаимодействия с заказчиком, в частности, позволяет:

- оперативно устранять отказы ВТ;
- оптимизировать поставки;
- анализировать состояние ВТ и других видов работ.

3. На базе номенклатурных перечней ЗИП специалистами концерна разработана программа, позволяющая формировать заявки на поставку ЗИП и комплектующих изделий в электронном виде. Применение программного продукта упрощает формирование заказа и ускоряет процесс его оформления (рис.3), заявка формируется автоматически.

Удобный и простой интерфейс программы позволяют иностранным заказчикам сформировать заявку, выбрав необходимое изделие из представленного перечня ЗИП для



Рис.2. Схема бмена информацией при каталогизации экспортируемой продукции военного назначения



Service & Warranty Maintenance Centre
Concern Avrora S&P Association JSC

15, Karbyshev Str., St. Petersburg, Russia
Tel./fax : +7 (812) 702-5546
service999@mail.ru

From:

Name of organization		Address	
Post	Name	Signature	

Order

Date:

No:

No	project / order	Name	Designation	Quant.	Note
1		Вставка плавкая ВП1-1 1А ОЮО.480.003ТУ	6381451813	4	
2		Блок системный ЕКШД.466451.001 ЕКШД.466451.001	10999500001	2	
3		Блок DC/DC КОНВЕРТЕР TSC 2027 ДАИЕ.460700.237К	10999900609	2	
4		Блок системный ЕКШД.466451.002 ЕКШД.466451.002	10999500002	2	
5		Блок системный ЕКШД.466451.004 ЕКШД.466451.004	10999500004	4	
6		Вставка плавкая ВП1-1 2А ОЮО.480.003ТУ	6381451814	1	
7		Блок БИ7 Б	ДАИЕ.468232.093	1	
8		Блок вентиляторов SCHROFF 10713-103 ДАИЕ.460700.184Д	10999900559	1	

Terms of delivery:

Рис. 3. Форма заявки в электронном виде

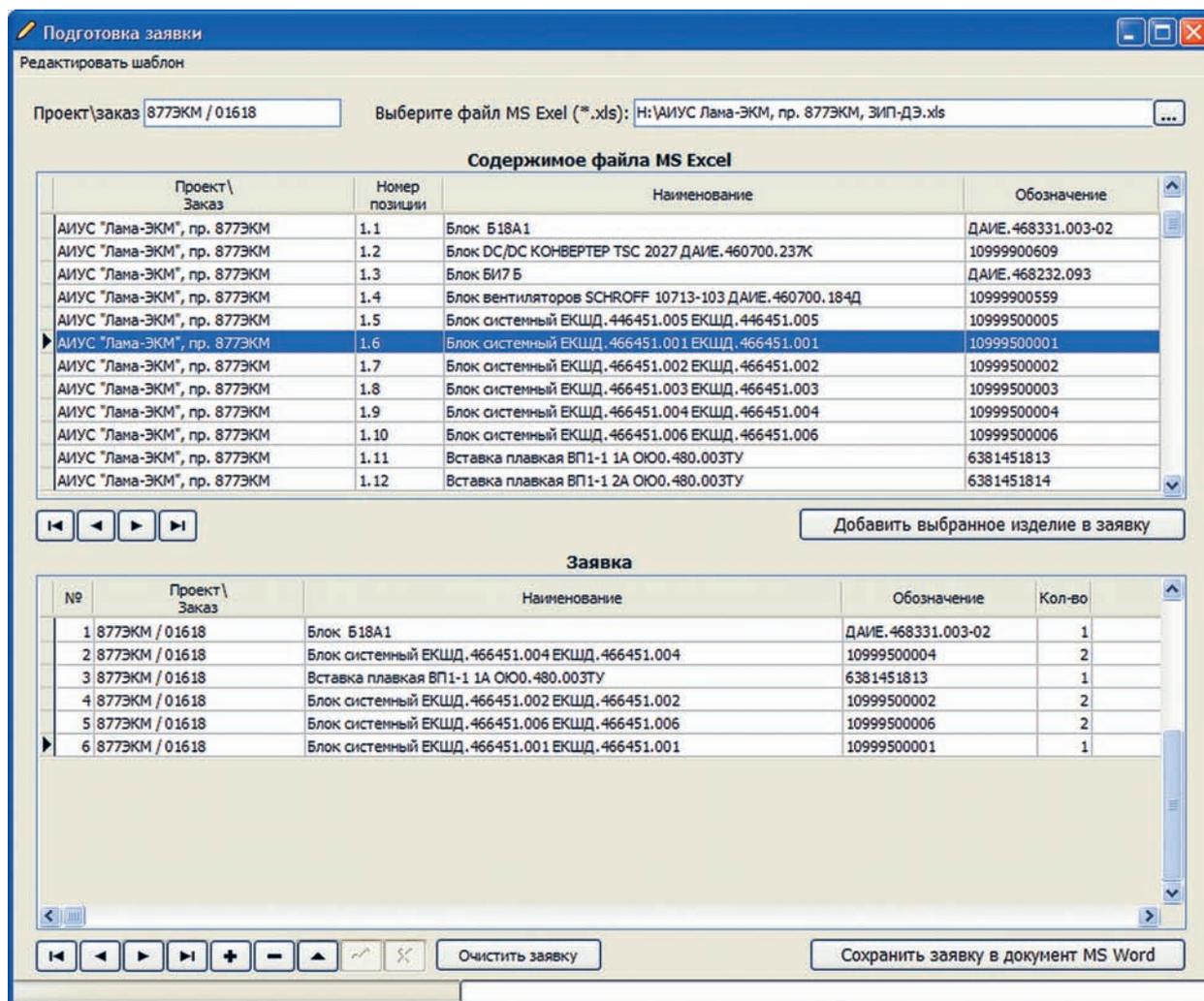


Рис. 4. Вид интерфейса программы

систем, ранее поставленных заказчиком (рис.4).

К разработанной программе прилагаются перечень ЗИП в электронных таблицах и фотографии комплектующих изделий и ЗИП для возможности идентификации изделий.

Созданный программный продукт также находится в представительстве концерна в Мумбае (Индия) для обеспечения доступа к нему потенциальных заказчиков.

Как показывает зарубежный опыт, стремление поставщика к включению в каталог продукции, допущенной для государственных поставок, становится мощным средством развития конкуренции в среде производителей и поставщиков. Крайне остро проблема каталогизации стоит перед российскими участниками военно-технического сотрудничества. Сложилась международная система каталогизации продукции, охватывающая наиболее развитые страны мира. Накопленные международный и отечественный опыт свидетельствуют, что в современных условиях поставки на мировой рынок систем (комплексов, образцов) ВТ и их запас-

ных частей не могут быть эффективно проведены без осуществления процедуры каталогизации и присвоения каждому предмету самостоятельной поставки международного каталожного кода.

С учетом результатов деятельности в данном направлении за предшествующий период, анализа выявленных недостатков и проблемных вопросов по их организации и исполнению на уровне федеральных органов исполнительной власти было принято решение о необходимости централизации проводимых в России работ по каталогизации экспортируемой продукции военного назначения. В соответствии с приказом федеральной службы по ВТС России от 13.06.2007 № 40 в ФГУП «Рособоронэкспорт» и был образован Центр каталогизации государственного заказчика по экспортно-импортным операциям в области ВТС.

Создание Центра каталогизации экспортируемой ПВН и дальнейшее развитие этого направления в тесной кооперации с ведущими предприятиями ОПК фактически означают, что в рамках федеральной системы катало-

гизации продукции образована система каталогизации экспортируемой ПВН. Формируется нормативно-методическая база для проведения каталогизации в соответствии с требованиями международных стандартов, в том числе разработан, согласован с заинтересованными организациями и утвержден в установленном порядке Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии государственный стандарт ГОСТ Р 51725.5 – 2009 «Каталогизация экспортируемой продукции. Основные положения», который устанавливает общие требования к этапам, содержанию и основным функциям организаций – участников выполнения работ по каталогизации экспортируемой продукции.

Участие России в международном сотрудничестве в области каталогизации облегчает проведение единой государственной политики в сфере военно-технического сотрудничества России с зарубежными странами и способно повысить эффективность продаж отечественных вооружения и военной техники на мировом рынке оружия. ■

Осенью 2010 г. успешно прошла приемочные испытания первая партия электрощитового оборудования для плавучего энергоблока пр. 20870.

Атомный плавучий энергоблок (ПЭБ) «Академик Ломоносов» был спущен на воду в июне 2010 г. Это главное изделие, которым начинается серия плавучих атомных теплоэлектростанций (ПАТЭС). Предполагается, что первая в мире ПАТЭС будет введена в эксплуатацию уже в 2011 г., а до конца 2015 г. концерн «Росэнергоатом» планирует построить еще семь таких плавучих станций. В настоящее время ведется работа по наполнению строящегося блока энергетическим оборудованием и вспомогательными системами.

ОАО «Новая ЭРА» разрабатывает рабочую конструкторскую документацию для этого проекта, изготавливает электрощитовое оборудование, устанавливает его и проводит шеф-монтажные и шеф-наладочные работы.

По словам главного конструктора отдела морских и специальных НКУ ОАО «Новая ЭРА» В.Ф. Кособокова, часть разработанных и изготавливаемых щитов относится к оборудованию, обеспечивающему безопасность ядерных установок, к которым предъявляются особые требования. Кроме того, все щиты должны соответствовать Правилам классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра судоходства, и Правилам классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений.

«Одной из особенностей поставляемых щитов является наличие у каждого из них своих интерфейсных секции и источников бесперебойного питания. Интерфейсные секции, разработанные на базе контроллеров «Premium», выполняют функции сбора и обработки дискретной и цифровой информации поступающей от щитов и передачи ее по двум независимым (цифровым) каналам в систему управления верхнего уровня, разработкой которой занимается ОАО «Концерн «НПО «Аврора». Через интерфейсные секции, по цифровым командам поступающим от системы верхнего уровня, осуществляется также управление схемой генерирования и распределения электроэнергии плавучего энергоблока», – уточняет Владимир Кособоков.



Согласно условиям договора, ОАО «Новая ЭРА» разработала и изготавливает для ПЭБ наиболее важные и сложные щиты: это средневольтные щиты на напряжение 10,5 кВ главные распределительные устройства (ГРУ1,2) напряжением 10,5 кВ ГРУ 1,2, щиты заземления нейтрали главного генератора, щиты выдачи электроэнергии на берег, главные

ОАО «НОВАЯ ЭРА»-ДЛЯ ПЛАВУЧЕГО ЭНЕРГОБЛОКА «АКАДЕМИК ЛОМОНОСОВ»

ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 740 5053

низковольтные распределительные щиты напряжением 400 В, щиты аварийных генераторов, щиты резервных генераторов, щиты пониженного напряжения 230 В, щиты питания потребителей реакторной установки с агрегатами бесперебойного питания и другие щиты.

В августе главные распределительные щиты с агрегатами бесперебойного питания и щиты заземления нейтралей были приняты межведомственной комиссией в составе: технический директор ОАО «ЭлектроРадио-Автоматика» С.В. Лебедев; главный специалист отдела технического надзора за строительством дирекции строящихся ПАТЭС ОАО «Росэнергоатом» В.В. Ваничев; ведущий инженер-конструктор ОАО «ЦКБ «Айсберг» В.С. Спешилов; инженер-инспектор ФГУ «РМРС», Филиал по атомным судам, А.В. Марасанов и др.). Электрощиты сертифицированы РМРС и поставлены на ОАО «Балтийский завод».



В настоящий момент ведется подготовка к приемочным испытаниям очередного электрооборудования: главного распределительного устройства ГРУ 1,2, щитов пониженного напряжения ЩПН1, ЩПН2, ЩПН3, ЩПН4, щитов резервных дизель-генераторов ЩРГ1, ЩРГ2, ЩРГ3, ЩРГ4 с источниками бесперебойного питания и интерфейсных секций.

По словам главного инженера проекта ОАО «Новая ЭРА» М.П. Тихомирова, одной из особенностей главного распределительного устройства ГРУ для ПЭБ является то, что оно разработано с учетом новой компоновки одно-стороннего обслуживания с выносным дисплеем релейной защиты. Расположение щита управления с выносным дисплеем на уровне глаз облегчает обслуживание оператором и соответствует требованиям Регистра.

По настоянию главного проектанта ПЭБ ЦКБ «Айсберг» в ГРУ применены микропроцессорные блоки типа REM, RET современной серии 545. ГРУ выполняют задачи приема электроэнергии переменного тока частотой 50 Гц напряжением 10,5 кВ от основных источников (главных турбогенераторов ПЭБ), выдачи электроэнергии напряжением 10,5 кВ на береговую часть и электроснабжения потребителей собственных нужд на ПЭБ. ■

Важной задачей экспериментальной океанологии является исследование оптических проявлений гидрологических структур и процессов в морской толще. Конечная цель этих исследований – решение обратной задачи: восстановления гидрофизических полей (плотностной стратификации, внутренних волн, турбулентности) по измеренным пространственным распределениям первичных гидрооптических характеристик (ПГХ).

В настоящее время широко распространены методы дистанционного лазерного зондирования океана, которые в отличие от контактных позволяют получать информацию о пространственной изменчивости ПГХ на больших акваториях с малыми затратами времени. В частности, эти методы удалось использовать для регистрации внутренних волн (ВВ), которые обнаруживаются лидаром благодаря тому, что они нарушают горизонтальную однородность профилей ПГХ [1]. Проблема количественной оценки параметров ВВ лидарным методом исследовалась в работах [2–4], где были предложены аналитические модели лидарных изображений внутренних волн и алгоритмы восстановления поля ВВ по этим изображениям с использованием данных о невозмущенных профилях ПГХ и плотностной стратификации.

Как известно, сигнал обратного рассеяния океанического лидара зависит от вертикальных профилей нескольких ПГХ – показателей ослабления c , рассеяния b , обратного рассеяния b_b и дисперсии угла малоуглового рассеяния $\langle \gamma^2 \rangle$. Однако для его расчета необходимо знать прежде всего вертикальный профиль показателя ослабления света $c(z)$, поскольку другие ПГХ с достаточно хорошей точностью могут быть определены по измеренной зависимости $c(z)$ с помощью корреляционных соотношений [5]

$$b(550) = 0,944c(550) - 0,048, \quad (1)$$

$$b_b(550) = 0,018c(550), \quad (2a)$$

$$b_b(550) = 0,0183c - 0,0094b, \quad (2b)$$

$$\langle \gamma^2 \rangle = 0,021 + 0,7656b_b / b. \quad (3)$$

Эти соотношения справедливы для длин волн в области $\lambda = 500-550$ нм, где работают почти все океанические лидары. Формула (2a) относится к прибрежным водам и водам внутренних морей типа Case 2 по классификации Мореля, (2b) – к водам открытого океана типа Case 1; формула (1) пригодна для обоих типов вод. Соотношения (1) – (3) получены на основе измерений О.В. Копелевича в 70 районах Мирового океана и измерений Национального института океанографии (Индия) в Аравийском море. Последние измерения гидрооптических характеристик Балтийского моря [6] показали, что корреляционные соотношения (1) – (3) выполняются с

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В МОРЕ ИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

*И.С. Долина, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник,
Институт прикладной физики РАН,*

М.А. Родионов, науч. сотрудник,

И.М. Левин, д-р физ.-мат. наук, зав. лабораторией,

*Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
контакт. тел. 8 911 7495501*

высокой точностью, несмотря на разные измерительную аппаратуру и районы измерений в [5] и [6]. Поэтому можно утверждать, что эти соотношения достаточно стабильны и надежны.

Распределения по глубине z (вертикальные профили) гидрооптических и гидрологических характеристик (температуры, солености, плотности), вообще говоря, являются зависимыми, поскольку светорассеивающие свойства морской воды определяются в основном взвешенными органическими и минеральными веществами, а распределение взвеси по вертикали тесно связано с плотностью воды. Задача о возможной связи параметров профилей показателя ослабления и гидрологических характеристик морской воды рассматривалась во многих работах [7–9], и все же единого мнения о закономерностях такой связи до сих пор нет. В работах [7, 8] изучалась корреляционная связь между показателем ослабления света и градиентом плотности. Коэффициент корреляции достигал 0,8 для районов с неглубоким залеганием скачка плотности (20 – 50 м) и уменьшался с его заглублением. В работе [9] рассчитывались коэффициенты корреляции непосредственно между профилями показателя ослабления и плотности воды. Авторами этой работы сделан вывод об отсутствии однозначной корреляционной связи показателя ослабления с гидрологическими параметрами. В то же время в [9] выделены случаи, когда такая корреляция наблюдалась (ст. 839, 851, сентябрь 1997 г., 11-й рейс НИС «Академик Сергей Вавилов»). К ним относятся воды с ярко выраженной температурной стратификацией, когда показатель ослабления в верхнем квазиоднородном слое изменяется слабо, ниже пикноклина он резко уменьшается, и далее опять его значения практически не меняются. Следовательно, это случаи вод с сильной стратификацией показателя ослабления и плотности.

Настоящая работа посвящена исследованию корреляционных связей между вертикальными распределениями показателя ослабления света c и плотности воды ρ по результатам измерений, проведенных в Баренцевом и Белом морях. Для выявления корреляционных связей между профилями $c(z)$ и $\rho(z)$ предварительно проводилась аппроксимация этих профилей аналитической функцией в виде гиперболического тангенса, и коэффициенты корреляции определялись между параметрами этих функций. Заметим, что именно эти аналитические функции и входят в модель лидарных изображений внутренних волн [4].

Наличие корреляционных связей между гидрооптическими и гидрологическими параметрами позволяет использовать результаты лидарных измерений профиля показателя ослабления света для определения характеристик плотностной стратификации: глубины залегания пикноклина, его характерной ширины и значения максимальной частоты Вайсяля–Брента, что, в свою очередь, делает возможным определение параметров внутренних волн (дисперсионные характеристики, модовый состав). Кроме того, эти корреляции могут помочь выявить причинно-следственные связи между различными проявлениями гидрофизических процессов в океане.

Поскольку взвешенные органические и минеральные вещества являются активными сорбентами различных экологических вредных веществ, а перенос взвеси по вертикали зависит от стратификации жидкости, рассматриваемые в статье корреляционные связи между гидрооптическими и гидрологическими параметрами могут использоваться при оценке экологического состояния морской среды [10].

Измерения в Баренцевом и Белом морях проводились с помощью оптико-гидрофизического зонда, подробно описанного в [11], который позволяет одновременно

измерять температуру, соленость и показатель ослабления света воды. Плотность воды вычислялась по измеренным значениям температуры и электропроводности с помощью стандартной процедуры.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЕМ ОСЛАБЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТЬЮ ВОДЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Измерения проводились в июне–августе 2006 г. на 14 станциях в южной части Баренцева моря в квадрате с координатами 69–71° с.ш. и 32–34° в.д. Результаты измерений подробно рассмотрены в [10]. Там же приведены глубинные профили температуры, плотности и показателя ослабления на всех станциях. На рис. 1 сплошными линиями представлены результаты измерений зависимости показателя ослабления и плотности воды от глубины на одной из станций (7-08-09). Видно, что между $\sigma(z)$ и $c(z)$ существует ярко выраженная корреляция. Такая корреляция наблюдалась на 12 станциях из 14.

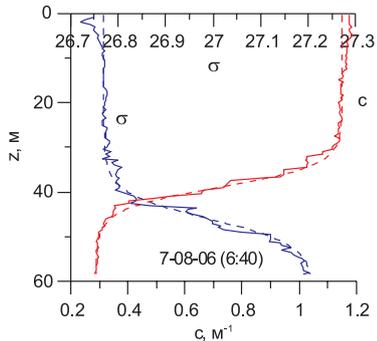


Рис. 1. Зависимость от глубины показателя ослабления и плотности жидкости (сплошные линии) и их аппроксимации (штриховые линии) в Баренцевом море; $\sigma(z) = (\rho - 1)1000$ – условная плотность

Аппроксимируем зависимости $\sigma(z)$ и $c(z)$ следующими функциями:

$$\sigma(z) = \sigma_0 + \alpha_c \operatorname{th}[\beta_c(z - h_c)], \quad (4)$$

$$c(z) = c_0 - \alpha_c \operatorname{th}[\beta_c(z - h_c)],$$

где $\sigma(z) = (\rho - 1)1000$ – условная плотность.

Эти зависимости показаны на рис. 1 пунктирными линиями.

Корреляционная связь определялись между следующими параметрами:

1) горизонтами h_σ и h_c ;

2) характерной шириной l аппроксимирующих кривых (4), которая определялась по уровню $\operatorname{th}x = 0.9$, что соответствует формулам $l_\sigma = 1.5/\beta_\sigma$, $l_c = 1.5/\beta_c$;

3) частотой Вайсяля $N = \sqrt{\frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dz}}$ и величиной, характеризующей относительный перепад показателя ослабления $\Delta c/c_0 = 2\alpha_c/c_0$.

Облако экспериментальных точек и линейные регрессии представлены на рис. 2, а–в. Там же приведены значения коэффициентов корреляции.

Из рисунков видно, что высокая корреляция достигается между горизонтом максимального изменения показателя ослабления и глубиной залегания пикноклина. Коэффициент корреляции равен 0,9. Неплохая корреляция между относительным перепадом показателя ослабления и

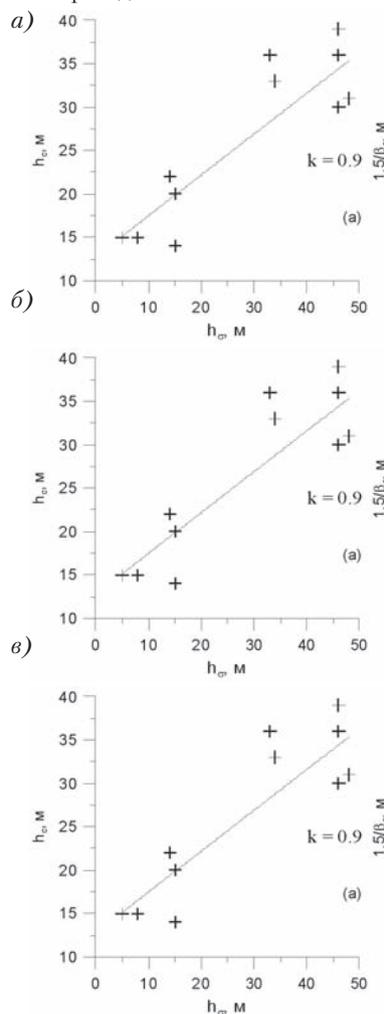


Рис. 2. Корреляция между параметрами зависимостей $\sigma(z)$ и $c(z)$ в Баренцевом море: а – горизонтами h_σ и h_c ; б – характерной шириной аппроксимирующих кривых; в – частотой Вайсяля и относительным перепадом показателя ослабления. Сплошная линия – линейная регрессия

частотой Вайсяля ($k = 0.8$). Несколько хуже корреляция между шириной аппроксимирующих кривых ($k = 0.6$).

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЕМ ОСЛАБЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТЬЮ ВОДЫ В БЕЛОМ МОРЕ

Работы велись в южной части Белого моря (Онежский залив) с 23 по 24 июня 2009 г. Измерения проводились в одной точке, через каждые полчаса с 16.00 до 15.30 следующего дня. Полная глубина в районе измерений составляла 47 – 50 м. Примеры измерений представлены на рис. 3.

Отличительная особенность измерений в Белом море заключается в том, что

они позволили проследить изменения стратификации плотности воды и показателя ослабления света в зависимости от времени суток. Согласно полученным данным во второй половине дня (с 16.00 до 20.00) в районе измерений существо-

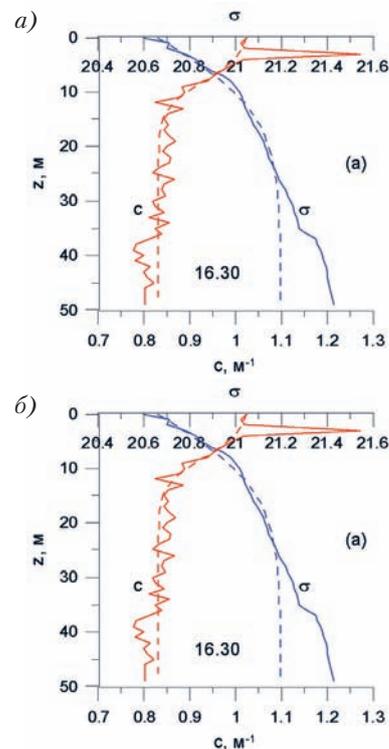


Рис. 3. Зависимость от глубины показателя ослабления и плотности жидкости (сплошные линии) и их аппроксимации (штриховые линии) в Белом море: а – стратификация $\sigma(z)$ и $c(z)$ вида (4); б – «линейная» стратификация $\sigma(z)$ и $c(z)$

вал достаточно выраженный пикноклин, и наблюдались профили $c(z)$, которые наряду с профилями $\sigma(z)$ можно было аппроксимировать функциями вида (4) (рис. 3, а). Результаты статистической обработки данных, относящихся к этому временному интервалу, приведены на рис. 4, а–в. Они указывают на высокую корреляцию между профилями $\sigma(z)$ и $c(z)$.

В период с 21.00 регистрировались профили $\sigma(z)$ и $c(z)$, которые в первом приближении можно было аппроксимировать линейными функциями (см. рис. 3, б): $\sigma(z) = \sigma_0 + az$, $c(z) = c_0 - bz$. Корреляция между параметрами этих аппроксимаций показана на рис. 5. Уравнение регрессии имеет вид: $b = 0.13a + 0.003$, коэффициент корреляции составляет ~ 0.65 , число измерений – 35.

Как видно из рис. 3, б, разрушение пикноклина сопровождалось ростом «изрезанности» вертикального распределения $c(z)$. Наличие тонкой структуры в профиле $c(z)$ – один из факторов, определяющих информативность лидарного метода зондирования океана: слои мутности с резкими границами хорошо проявляются в обратно рассеянном лидарном сиг нале и повышают

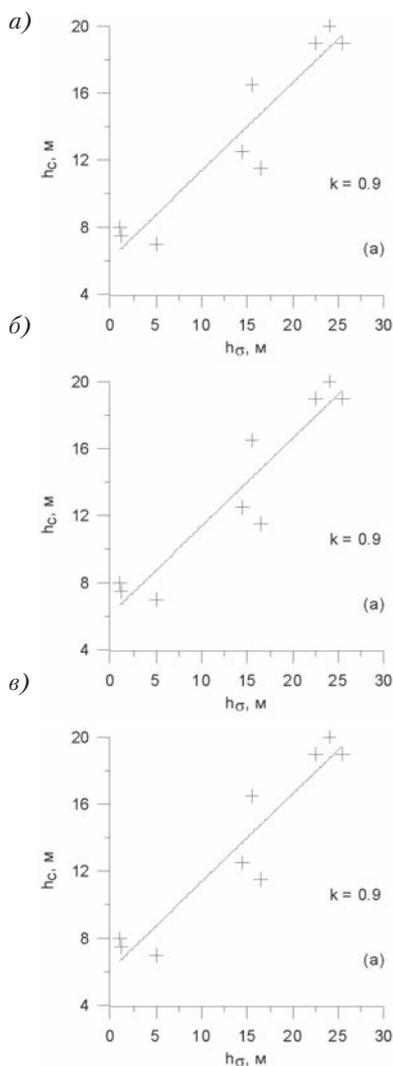


Рис. 4. Корреляция между параметрами зависимостей $\sigma(z)$ и $c(z)$ в Белом море: а – горизонтами h_σ и h_c ; б – характерной шириной аппроксимирующих кривых; в – частотой Вайссяля и величиной $(\alpha_c \beta_c)^{1/2}$. Сплошная линия – линейная регрессия

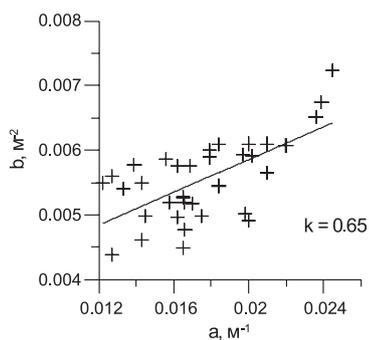


Рис. 5. Корреляция между параметрами линейной аппроксимации $\sigma(z)$ и $c(z)$.

контрастность лидарных изображений внутренних волн. Поэтому при обработке профилей $c(z)$ был выполнен расчет функции корреляции

$$R(z_v) = \frac{1}{N-v} \sum_{n=1}^{N-v} \delta c(z_n) \delta c(z_{n+v}) \quad (5)$$

относительных отклонений $\delta c(z) = (c(z) - \bar{c}(z)) / \bar{c}(z)$ показателя ослабления $c(z)$ от среднего профиля $\bar{c}(z)$.

Эта зависимость представлена на рис. 6. В формуле (5) использованы обозначения $z_n = n\Delta z$, $z_v = v\Delta z$, Δz – интервал между отсчетами глубины, N – полное число отсчетов. По максимальному значению функции (5) оценивается дисперсия относительных флуктуаций показателя ослабления $R(0)$, а по ее ширине – характерная толщина слоев мутности Δz .

Сравнение кривых рис. 6 показывает, что в течение суток дисперсия относительных флуктуаций показателя ослабления менялась примерно в три раза, а характерная толщина слоев мутности изменялась примерно в пять раз. Одной из причин таких сильных изменений показателя ослабления могут быть приливы. Измеритель скорости течения с датчиком давления, установленный на дне в километре от судна зарегистрировал полусуточные приливы с амплитудой примерно 0,5 м.

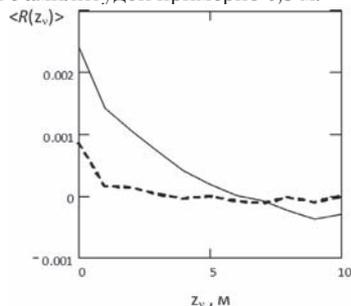


Рис. 6. Функции корреляции относительных отклонений показателя ослабления от среднего профиля, усредненные по результатам шести зондирований. Пунктир – измерения вели с 19.00 до 21.30 23.06.2009. Сплошная кривая – измерения с 2.00 до 4.30 24.06.09.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что при наличии ярко выраженного пикноклина существует высокая корреляция между параметрами вертикальных распределений показателя ослабления света и плотности воды, что позволяет использовать результаты лидарных измерений профиля показателя ослабления света для определения характеристик плотностной стратификации (профиля частоты Вайссяля–Брента), что создает предпосылки для дистанционного определения параметров пикноклина с помощью лидара.

По профилю частоты Вайссяля–Брента могут быть рассчитаны характеристики внутренних волн в данном районе (дисперсионные характеристики, структура мод). Знание этих характеристик необходимо при изучении динамики внутренних волн, а также для создания алгоритмов и методик восстановления полей внутренних волн по их лидарным изображениям, что имеет практическое значение для решения ряда задач прикладной гидрофизики, связанных с проектированием и эксплуатацией подводных аппаратов и шельфовых сооружений. Кроме того, результаты работы

имеют практическую ценность для оперативного мониторинга экологического состояния морской среды.

Авторы благодарны И.В. Алешину за полезные замечания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-05-00311.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браво-Животовский Д.М., Долин Л.С., Савельев В.А., Фадеев В.В., Шегольков Ю.Б. Оптические методы диагностики океана. Лазерное зондирование, Дистанционные методы исследования океана. – Горький: ИПФ АН СССР. – 1987. – Стр. 84–125.
2. Dolina I.S., Dolin L.S., Levin I.M., Rodionov A.A. Diagnostic abilities of oceanic lidars. – Proceedings of the III International Conference «Current Problems in Optics of Natural Waters» (ONW'2005) / I. Levin and G. Gilbert. – Editors D.S. Rozhdestvensky. – Optical Society. – St. Petersburg, 2005. – P. 220–225.
3. Dolina I.S., Dolin L.S., Levin I.M., Rodionov A.A., Savel'ev V.A. Inverse problems of lidar sensing of the ocean. – In: Current research on remote sensing, laser probing and imagery in natural water. // SPIE Proceedings, 2007. – Vol. 6615. 66150C (10 pages).
4. Dolin L.S., Dolina I.S., Savel'ev V.A. «The model of lidar images of internal waves», – Proc. IV Int. Conf. ONW'. – 2007. – P. 124–128.
5. Левин И., Копелевич О. Корреляционные соотношения между первичными гидрооптическими характеристиками в спектральном диапазоне около 550 нм // Океанология. – 2007. – № 3. – С. 374 – 379.
6. Левин И.М., Дарецкий М., Саган С., Радомысльская Т.М. Модель оптических характеристик Балтийского моря для задач подводного видения. – Тр. 10-й Всерос. конфер. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука. – 2010. – С. 292–295.
7. Неуймин Г.Г., Сорокина Н.А. Статистические связи поля прозрачности в океане с гидрологическими и биологическими характеристиками // Изв. АН СССР, ФАО. – 1979. – Т. 15. – № 2. – С. 233–236.
8. Они же. О корреляции между вертикальными распределениями оптических и гидрологических характеристик // Океанология. – 1976. – Т. 16. – № 3. – С. 441–450.
9. Матюшенко В.А., Лукин Л.Р., Хоменко Г.Д., Галеркин Л.И. Показатель ослабления света и его связи с гидрологическими характеристиками и содержанием взвешенного вещества в водах Баренцева моря: Опыт системных океанологических исследований в Арктике / Под ред. А.Л. Лисицына, М.Е. Виноградова, Е.А. Романкевича. – М.: Научный мир. – 2001. – С. 432–442.
10. Алешин, И.В. Современные подходы к проведению экологического мониторинга в местах интенсивных техногенных воздействий на морскую среду // Морской вестник. – 2009. – № 4 (32). – С. 63–65.
11. Левин И.М., Долин Л.С., Французов О.Н., Родионов М.А., Осадчий В.Ю., Савченко В.В. Глубинные профили гидрофизических параметров в Баренцевом море применительно к проблеме лидарного зондирования. – Сб. научн. тр. «Фундаментальная и прикладная гидрофизика» / Редактор А.А. Родионов. – СПб.: Наука. – 2009. – № 4(7). – С. 16–24. ■

ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК) и группа компаний «Транзас» подписали соглашение о сотрудничестве, предусматривающее взаимодействие в сфере разработки и производства радионавигационного оборудования военного и гражданского назначения. Церемония состоялась в рамках прошедшей в Москве 18–20 ноября IV Международной выставки «Транспорт России».

Подписи под документом поставили вице-президент ОАО «ОСК» Сергей Форафонов и генеральный директор ЗАО «Транзас» Андрей Белентьев.

ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ» И ГРУППА КОМПАНИЙ «ТРАНЗАС» ПОДПИСАЛИ СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ

*«Объединенная судостроительная корпорация»,
группа компаний «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131*



Как уже говорилось, предметом сотрудничества в рамках соглашения станет взаимодействие по сохранению и развитию научно-производственного потенциала в сфере разработки и производства продукции военного и гражданского назначения. Помимо этого, стороны планируют обеспечивать продвижение на внутренний и внешний рынки высокотехнологичной промышленной продукции. В дальнейшем планируется развивать совместную интеллектуальную деятельность.

Для достижения этих целей компании будут оказывать содействие друг другу в организации производства на территории России современного радионавигационного оборудования, реализовывать инновационные решения для формирования нового облика отечественного флота и внедрять новые технологии в строительстве и техническом обслуживании судов и морской техники.

Для обеих компаний подписание документа – дополнительное подтверждение эффективного сотрудничества, взаимопонимания в определенных тактических задач и стратегических перспектив. По замечанию ОАО «ОСК», специалисты ГК «Транзас»

будут привлекаться к разработке оборудования для новых проектов корпорации. Стоит отметить, что в общем объеме комплектующего оборудования судна (а это 60–65% стоимости корабля), продукция производства «Транзас» может занимать 10–15%.

Также ОАО «ОСК» заинтересовано в разработках «Транзас» для нефтегазовой отрасли.

Открытое акционерное общество «Объединенная судостроительная корпорация» учреждено Указом Президента Российской Федерации № 394 от 21 марта 2007 года. 100 процентов акций принадлежит государству. В состав ОСК входит 9 проектно-конструкторских бюро и 32 судостроительных и судоремонтных предприятия. Крупнейшие судостроительные активы: ОАО ПСЗ «Янтарь» (Калининград), ОАО «Адмиралтейские верфи» (Санкт-Петербург), ОАО «ПО «Севмаш» (Северодвинск), «ДВЗ «Звезда» (Владивосток). Крупнейшие международные проекты: строительство верфи «Звезда-ДСМЕ» в рамках СП с Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (Республика

Корея), строительство верфи «Восток-Раффлз» в рамках СП с Yantai Raffles (Сингапур).

Группа компаний «Транзас» – известный российский разработчик, производитель и поставщик широкого спектра бортовой электроники, морских и авиационных тренажеров и иной инновационной, наукоемкой продукции гражданского, двойного и военного назначения.

Предприятие было основано в 1990 году в Санкт-Петербурге. Общий штат сотрудников предприятий, входящих в ГК «Транзас», превышает 1800 человек. Дистрибьюторская сеть компании развернута в 125 странах мира. Центром разработки технологий и принятия стратегических решений является Санкт-Петербург. Управление международной деятельностью компании сосредоточено в Гетеборге (Швеция). Оборот ГК «Транзас» достиг 300 млн долларов США. Производство сертифицировано на соответствие международному стандарту качества ISO 9001. ■





- Разработка проектов морских, внутреннего и смешанного (река-море) плавания судов, в том числе нефтеналивных, сухогрузных судов, железнодорожных паромов, газозов, 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

Современная концепция судна смешанного река–море плавания (ССП) была сформулирована в публикациях автора [1, 2] следующим образом: это транспортное судно с полным использованием габаритов внутренних водных путей (ВВП), максимально возможным для обеспечения ходкости коэффициентом общей полноты, повышенной грузоместимостью при минимально возможной высоте борта; повышенной управляемостью в стесненных условиях и на мелководье; обоснованной эксплуатационной надежностью конструкций судового корпуса при оптимальной металлоемкости последнего.

При этом предполагается назначение классов по районам плавания в соответствии с планируемыми направлениями перевозок и оценкой возможных потерь ходового времени от простоев в ожидании погоды; определение ледовой категории в соответствии с накопленным опытом работы; задание экономически обоснованного срока службы судна.

В развитие изложенного в работах [1, 2, 5] предлагаются следующие основные принципы проектирования судов смешанного плавания, которые реализованы и продолжают реализовываться в проектах «Морского Инженерного Бюро» («МИБ»).

– В соответствии с предполагаемыми направлениями перевозок и оценкой возможных потерь от простоев в ожидании погоды выбран класс РС R2 для судов и барже-буксирных составов смешанного река–море плавания «Волго-Дон макс» класса (для обеспечения постоянной эксплуатации в море, в том числе вокруг Европы), класс PPP «О-ПР 2.0» – для судов и барже-буксирных составов «Волгомакс» класса (минимальный класс для эксплуатации в весенне-летний сезон в Финском заливе и Азовском море), класс PPP М-СП 3.5 – для судов северных пароходств (позволяет эксплуатировать суда в условиях морского перехода по Северному морскому пути от полуострова Таймыр до полуострова Чукотка в июле–сентябре).

– В соответствии с накопленным опытом работы выбран класс ЛУ1 (Лед 20-Лед 30) для судов смешанного плавания, предназначенных для работы в Азовском и Каспийском морях

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСОВ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

Г.В. Егоров, *д-р техн. наук, проф.,
ген. директор ЗАО «Морское инженерное бюро», г. Одесса,
контакт. тел. +38 (0482) 347928, +7 (812) 232 8538*

зимой, класс ЛУ1 (Лед 40) – для судов сибирских пароходств при обеспечении безопасного возврата судна после «северного» завоза на базу, ЛУ2 – для работы в Балтийском море зимой, ЛУ3 – для работы на порт Архангельск зимой.

– За счет роста эффективной высоты сечения (применение развитых непрерывных надпалубных конструкций – тронка и комингсов высотой 3,2–3,8 м (рис. 1) увеличена грузоместимость и снижены расходы в отечественных портах при обеспечении достаточной для выбранного класса общей продольной прочности без увеличения толщин подавляющего большинства конструкций в сравнении с минимальными толщинами по Правилам Регистра судоходства.

– Применение продольной системы набора палубы, бортов и днища в средней части (см. рис. 1), что в сочетании с увеличением поперечной шпации и одновременным уменьшением шпации продольного набора обеспечивает более полное участие пластин корпуса в общем изгибе и лучшее восприятие локальных нагрузок при швартовках, прохождении каналов и шлюзов, сохранение приемлемого внешнего вида.

Сохранение толщин настилов и обшивок на уровне минимальных позволяет минимизировать массу металлического корпуса, решать задачи обеспечения местной прочности и устойчивости за счет рационального сочетания элементов основного и рамного набора.

– Назначение по возможности одинаковых толщин обшивки, стенок рамного и холостого набора для обеспечения равной долговечности по износу.

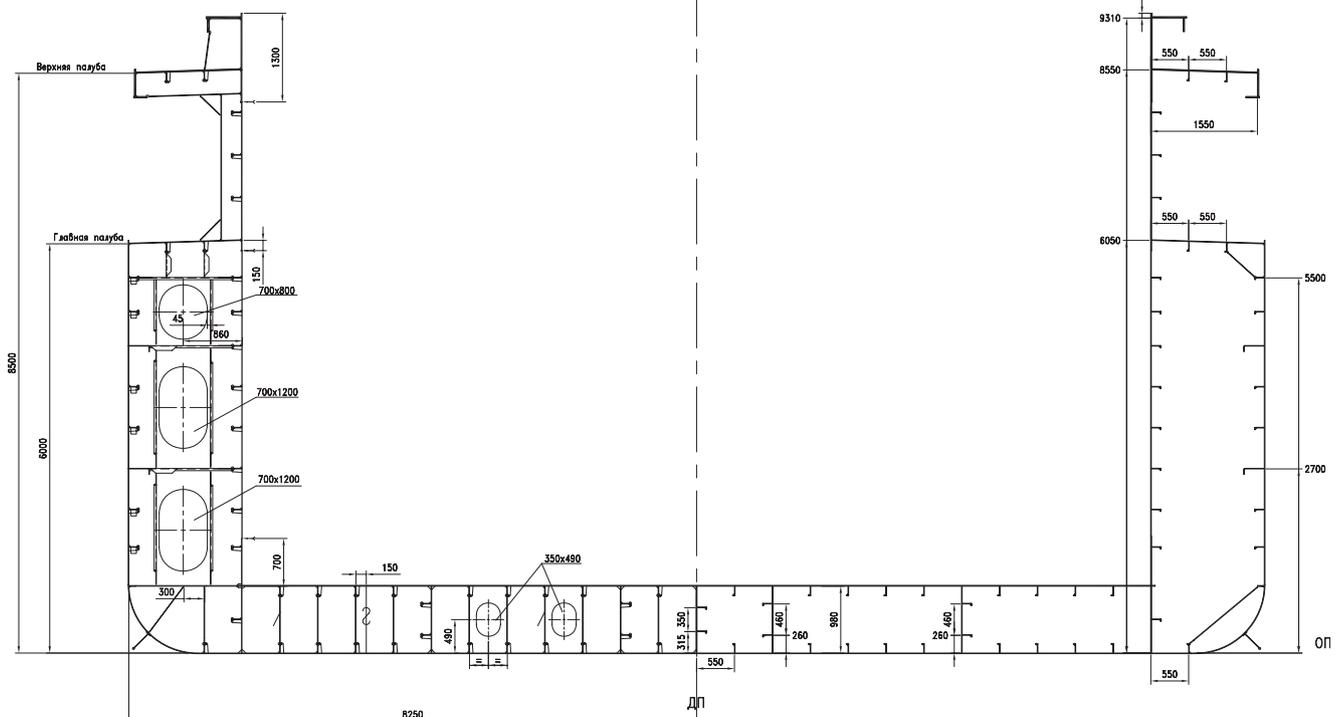


Рис. 1. Мидель-шпангоут типового сухогрузного ССП нового поколения

Некоторые характеристики танкеров ограниченных районов плавания

Проект	$L \times B \times D$, М	$L_{\text{тн}}$, М	$B_{\text{тн}}$, М	h_k , М	D' , М	P_k , Т	$P_{\text{МК}}$, Т	$N_{\text{МДМ}}$, кВт	Δ , Т	$N_{\text{МДМ}} / \Delta$, кВт/т	ρ_1 , т/м ³	ρ_2 , т/м ³	$\frac{P_{\text{МК}}}{LBD}$, т/м ³	$\frac{P_{\text{МК}}}{LBD'}$, т/м ³
Проекты Морского Инженерного Бюро														
RST17	105,46×14,8×5,7	64,8	12,8	0,89	6,17	1258,3	954,3	1030	5153	0,1999	0,88	0,88	0,107	0,099
005RST01	136,2×16,5×6	96,8	13,52	0,95	6,55	1794,4	1593,6	2160	8832	0,2446	0,62	0,84	0,118	0,108
RST22	138,11×16,6×6	97,5	13,52	0,95	6,55	1987,1	1774,8	2400	9574	0,2507	1,015	1,015	0,129	0,118
RST25	138,24×16,6×5,5	97,55	12,24	1,45	6,25	1679	1483	2400	8818	0,2722	1,015	1,015	0,118	0,103
Существующие суда														
1577*	128,64×16,5×5,5	0	0	0	5,50	1730	1035	1472	6476	0,2273	0,81	0,81	0,089	0,089
550*	128,64×16,5×5,5	0	0	0	5,50	1642	982	1472	6476	0,2273	0,82	0,82	0,084	0,084
621*	119,55×14,8×5,2	0	0	0	5,20	1568	938	1280	5393	0,2373	1,04	1,04	0,102	0,102
P77*	105×14,8×4,4	0	0	0	4,40	944	565	1028	3840	0,2677	0,86	0,86	0,083	0,083
1677М	124,51×16,6×6,9	0	0	0	6,90	2516	1505	2208	8837	0,2499	0,58	1,02	0,106	0,106
630*	135,84×16,5×6,4	0	0	0	6,40	2153	1288	1764	8556	0,2062	0,67	0,93	0,090	0,090
RST09**	88,28×12×5,8	44	9	1,82	6,48	1127	674	920	3848	0,2391	0,82	0,97	0,110	0,098

* Характеристики судна даны с учетом подкреплений корпуса на класс РС и увеличением осадки по ЛГВЛ.
** Суда после крупных переоборудований.
 $L \times B \times D$ – расчетные длина (по ЛГВЛ), ширина, высота судна; $L_{\text{тн}}$, $B_{\text{тн}}$ – длина и ширина грузового пространства. h_k – высота комингса люка (тронка для танкера); $D' = D + \frac{L_{\text{тн}} \cdot B_{\text{тн}} \cdot h_k}{L \cdot B}$ – приведенная высота борта. P_k , $P_{\text{МК}}$ – масса корпуса и масса металлического корпуса; N – мощность главных двигателей.
 Δ – водоизмещение по ЛГВЛ; ρ_1 , ρ_2 – спецификационная плотность на осадку в реке (3,60 м) и по ЛГВЛ ($\rho = P_{\Gamma} / V_{\text{тн}}$).
 μ_1 , μ_2 – спецификационный УПО на осадку в реке (3,60 м) и по ЛГВЛ ($\mu = V_{\text{тн}} / P_{\Gamma}$); (где P_{Γ} определяется для соответствующей осадки)

– Проектирование конструкции борта, днища на восприятие эксплуатационных нагрузок, большинство которых считаются до сих пор «непроектными» (контакты с гидросооружениями, грунтом и т.п.).

– С целью увеличения фактической усталостной долговечности проектирование «гладких» конструкций по-ясков эквивалентного бруса с минимальным количеством технологических вырезов, приварышей и т. п., использо-

Таблица 2

Некоторые характеристики сухогрузов ограниченных районов плавания

Проект	$L \times B \times D$, М	$L_{\text{тн}}$, М	$B_{\text{тн}}$, М	h_k , М	D' , М	P_k , Т	$P_{\text{МК}}$, Т	$N_{\text{МДМ}}$, кВт	Δ , Т	$N_{\text{МДМ}} / \Delta$, кВт/т	μ_1 , м ³ /т	μ_2 , м ³ /т	$\frac{P_{\text{МК}}}{LBD}$, т/м ³	$\frac{P_{\text{МК}}}{LBD'}$, т/м ³
Проекты «Морского инженерного бюро»														
003RSD04	87,05×15,6×5,75	59,15	13,2	1,5	6,61	896,4	756,8	1290	4985	0,2588	2,07	1,36	0,097	0,084
005RSD03	105,82×16,5×5,5	75,3	12,7	3,75	7,55	1359,7	1139,2	2040	7479	0,2728	2,48	1,49	0,119	0,086
006RSD02	137,44×16,5×6	104,6	12,7	3,33	7,95	1708,2	1499,8	2300	9586	0,2399	2,42	1,64	0,110	0,083
006RSD05	137,44×16,5×6	105,3	13,2	3,33	8,04	1753,1	1546,7	2240	9586	0,2337	2,61	1,71	0,114	0,085
007RSD07	138,51×16,5×6	105,3	12,7	3,33	7,95	1712	1504	2240	9716	0,2305	2,41	1,62	0,110	0,083
RSD17	118,41×16,5×6,2	85,1	12,7	3,62	8,2	1589,3	1419,6	2450	8612	0,2845	1,72	1,64	0,117	0,089
RSD44	138,87×16,5×5	93,6	13,2	2,155	6,16	1454	1285,2	2400	7412	0,3238	1,36	1,36	0,112	0,091
RSD49	137,81×16,5×6	105,3	12,7	3,31	7,95	1958,3	1750,2	2400	9912	0,2421	2,57	1,64	0,128	0,097
Существующие суда														
781*	93×13×5,5	65,78	9,35	0,75	5,88	1044	625	736	3846	0,1914	1,62	1,33	0,094	0,088
1743*	106,03×14,8×5	71,4	10,9	1	5,50	1198	717	824	4375	0,1883	1,44	1,44	0,091	0,083
791*	110,69×13×5,5	84,16	9,35	0,75	5,91	1140	682	972	4450	0,2184	1,53	1,42	0,086	0,080
1557*	110,86×13×5,5	75,08	9,35	0,74	5,86	1271	760	972	4624	0,2102	1,52	1,34	0,096	0,090
2-95*	110,9×13×5,5	79,05	9,52	1,12	6,08	1255	751	1030	4761	0,2163	1,66	1,43	0,095	0,086
1565*	136,07×16,5×5,5	94,8	13,22	1	6,06	1665	996	1766	6923	0,2551	1,26	1,26	0,081	0,073
19610*	136,15×16,4×6,7	87,45	11,82	1,01	7,17	2640	1579	1940	8917	0,2176	1,95	1,16	0,106	0,099
19611*	114,03×16,4×6,7	64,9	11,82	1,01	7,11	2390	1430	1940	7306	0,2655	2,08	1,12	0,114	0,107
19620*	85,08×12×6	41,25	9	1	6,36	1067	638	1030	3822	0,2695	1,09	0,85	0,104	0,098
326.1*	80,51×11,6×4	41,3	9,2	3,2	5,30	992	593	882	3143	0,2806	1,4	1,17	0,159	0,120
05074А*	105,03×16,5×5,5	64,8	12,6	1,45	6,18	1778	1064	1766	6010	0,2938	1,5	1,16	0,112	0,099
17310	93,77×13,4×6,7	59,7	10,3	2,38	7,86	1760	1053	1740	5602	0,3106	2,66	1,24	0,125	0,107
613	92,99×13×5,5	60	10,2	1,04	6,03	1388	830	736	3945	0,1866	2,04	1,5	0,125	0,114
488АМ2/3*	115,98×13,2×6	79,2	9,2	0,86	6,41	1742	1042	1280	5574	0,2296	1,83	1,3	0,113	0,106
1572*	117,68×15×6,5	79,2	8,35	1,23	6,96	2050	1226	1620	6752	0,2399	2,58	1,37	0,107	0,100
05074М**	136,29×16,5×5,5	96	13,3	3,58	7,53	2086	1248	1766	7431	0,2377	2,01	1,81	0,101	0,074
507Б**	136,31×16,5×5,5	96	13,3	3,58	7,53	1809	1082	1766	7468	0,2365	1,9	1,71	0,087	0,064
002СНF01*	106×16×6,25	0	0	0	6,25	1565	936	1300	4512	0,2881			0,088	0,088

вание рационально исполненных узлов пересечения связей и плавного изменения площадей продольных связей корпуса по длине.

– Исключение для танкеров внутреннего набора в грузовых танках (наружный набор верхней палубы и тронка, поперечные переборки с горизонтальными гофрами).

Некоторые характеристики существующих ССП и судов новых проектов, разработанных «МИБ», в соответствии с изложенной в [1] методикой, приведены в табл. 1 (танкера) и в табл. 2 (сухогрузные суда). Информация существующих ССП дана с учетом модернизации и увеличения металлоемкости в результате подкреплений их корпусов [3, 7].

Удельная металлоемкость судов из табл. 2 в традиционном виде $p_{\text{МК}} = P_{\text{МК}}/LBD$ для сухогрузных судов приведена на рис. 2, а для танкеров смешанного плавания – на рис. 4. С учетом отмеченного выше указания о развитых надпалубных конструкциях можно рекомендовать применение показателя удельной металлоемкости в виде

$$p_{\text{МК}} = P_{\text{МК}}/LBD',$$

где $D' = D + \frac{L_{\text{гп}} \cdot B_{\text{гп}} \cdot h_{\text{к}}}{L \cdot B}$ – приведенная высота борта; $p_{\text{МК}}$ – масса металлического корпуса; $L_{\text{гп}}, B_{\text{гп}}$ – длина и ширина грузового пространства; $h_{\text{к}}$ – высота комингса люка (тронка для танкера).

Пересчитанная таким образом величина $p_{\text{МК}}$ приведена для сухогрузных судов на рис. 3, а для танкеров смешанного плавания – на рис. 5.

Для сухогрузных ССП нового поколения класса II с ледовой категорией ЛУ2 (позволяет регулярно работать без ледокольной проводки в мелкобитом разряженном льду толщиной 0,55 м при скорости 5 уз) можно рекомендовать зависимость $p_{\text{МК}} = 0,0847 + 1,55 \cdot 10^{-7} LBD'$, т/м³. Для нефтеналивных ССП нового поколения можно рекомендовать зависимость $p_{\text{МК}} = 0,1085 + 1,55 \cdot 10^{-7} LBD'$, т/м³.

Следует отметить, что незначительное изменение величины $p_{\text{МК}}$ связано с использованием для основного корпуса судов длиной более 120–125 м стальной повышенной прочности, а для наиболее нагруженных элементов эквивалентного бруса (продольных непрерывных комингсов) – во всем характерном диапазоне длин. Принятая концепция назначения толщин на уровне минимальных позволила не увеличивать удельную металлоемкость $P_{\text{МК}}/LBD'$ для ССП с развитыми надпалубными конструкциями, хотя в абсолютном исчислении масса металлического корпуса в силу ужесточения требований Правил Регистра безусловно выросла (табл. 1, 2).

Степень изменения весовых характеристик корпуса сухогрузного ССП в зависимости от класса, ледовой категории, системы набора борта и срока службы приблизительно можно оценить по табл. 3.

Структурный анализ металлоемкости по группам связей корпусов сухогрузных ССП нового поколения приведен в табл. 4, а – танкеров в табл. 5.

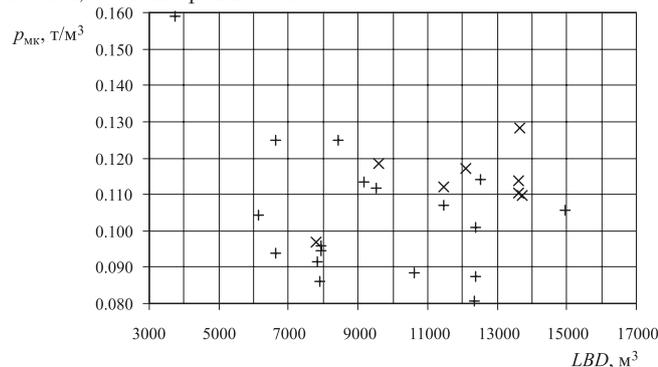


Рис. 2. Измеритель массы металлического корпуса для сухогрузных ССП
× – проекты «МИБ», + – существующие суда

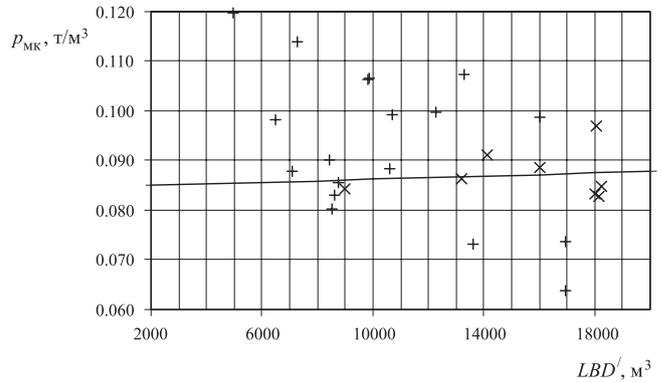


Рис. 3. Измеритель массы металлического корпуса для сухогрузных ССП (с учетом приведенной высоты борта)
× – проекты «МИБ», + – существующие суда

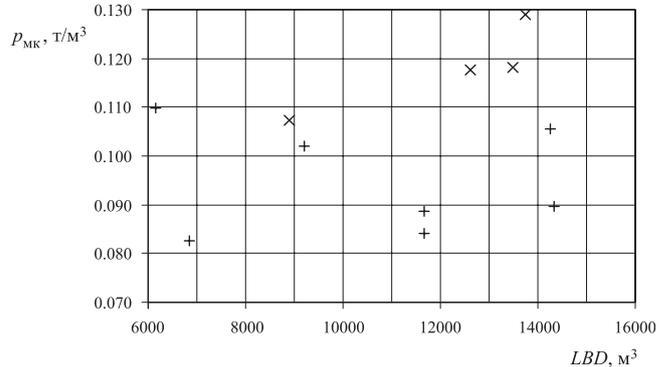


Рис. 4. Измеритель массы металлического корпуса для нефтеналивных ССП
× – проекты «МИБ», + – существующие суда

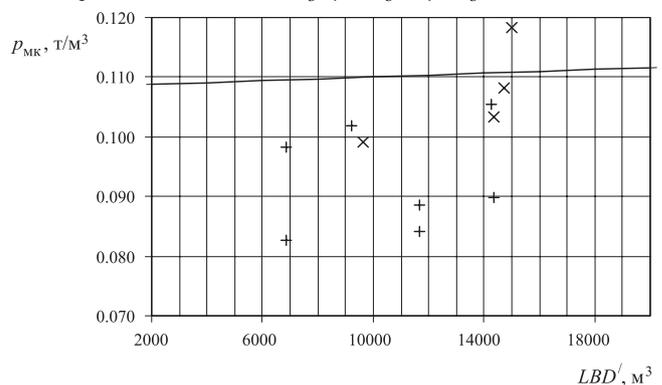


Рис. 5. Измеритель массы металлического корпуса для нефтеналивных ССП (с учетом приведенной высоты борта)
× – проекты «МИБ», + – существующие суда

Таблица 3
Результаты изменения весовых характеристик корпуса сухогрузного ССП в зависимости от класса, ледовой категории, системы набора борта и срока службы

Ледовая категория	$R_{\text{нр}}$ МПа	Класс РС	Срок службы, кол-во лет	Изменение веса корпуса по отношению к базовому варианту, %
				при системе набора борта (продольная / поперечная)
ЛУ2	315	IIСП	24	-3,8 / -3,8
			15	-4,6 / -4,6
		IIIСП	24	-5,4 / -5,5
			15	-5,9 / -6,0
	235	IIСП	24	0 (базовый вариант) / -0,1
		IIIСП	15	-0,1 / -0,4
ЛУ1	315	IIСП	24	-2,2 / -2,5
			15	-2,6 / -2,9
		IIIСП	24	-4,7 / -4,9
			15	-4,9 / -5,1
	235	IIСП	24	-6,4 / -6,7
			15	-7,1 / -7,3
		IIIСП	24	-0,9 / -1,1
			15	-1,4 / -1,6
		IIСП	24	-3,5 / -3,7
			15	-3,9 / -4,2

Относительное распределение массы корпуса сухогрузных ССП по номенклатуре связей

Длина сухогрузного судна	Относительная доля связи по номенклатуре, %						
	Обшивки и настилы	Рамный продольный набор	Рамный поперечный набор	Рамный набор переборок	Поперечный набор	Набор переборок	Прочее
L=87,05 м	52,2	10,6	11,1	1,0	5,7	1,7	14,6
L=105,8 м	56,9	6,9	12,2	0,9	8,0	1,7	11,6
L=118,4 м	50,7	11,8	12,7	0,3	10,7	1,8	10,5
L=137,8 м	51,3	8,1	12,6	0,4	6,6	4,2	14,6
L=138,5 м	54,6	11,3	10,7	0,4	8,9	1,3	11,9
L=138,9 м	53,5	5,0	13,6	0,4	10,5	2,4	12,1

Для сухогрузных судов (табл. 4) можно сделать вывод, что наибольшая доля в общей массе корпуса принадлежит двойному дну – 34 – 37%. Доля двойного борта (27 – 33%) и палубных конструкций (15 – 20%) также практически постоянна и мало зависит от длины судна. Доля надстроек и рубок уменьшается с ростом длины судна L от 6,4% до 1,8%, что объясняется сохранением или незначительным ростом численности экипажа, для которого они предназначены.

По номенклатуре связей структурный анализ составляющих массы корпуса сухогрузных ССП проведен в табл. 6, а для танкеров в табл. 7.

Можно сделать вывод, что наибольшая доля в общей массе корпуса для нефтеналивных судов (табл. 5) также принадлежит двойному дну – 28 – 36%. Доля двойного борта (20 – 22%) практически постоянна и мало зависит от длины судна. Доля палубных конструкций растет с ростом длины и класса судна (от 17 до 29%). Доля надстроек и рубок уменьшается с ростом длины судна L от 8,5 до 5,5%, что объясняется теми же причинами, что и для танкеров.

Таблица 4

Относительное распределение массы корпуса сухогрузных ССП по группам связей

Длина сухогрузного судна	Относительная доля группы связи, %					
	Днище	Борта	Палубы	Переборки поперечные	Надстройки и рубки	Прочее
L=87,05 м	34,1	28,1	17,2	7,3	6,4	6,9
L=105,8 м	34,6	29,7	17,2	9,3	3,6	5,6
L=118,4 м	31,1	29,3	19,9	10,2	4,9	4,6
L=137,8 м	34,9	26,3	17,7	10,2	3,0	7,9
L=138,5 м	36,0	27,2	20,2	8,3	3,2	5,1
L=138,9 м	36,6	33,5	15,3	8,2	1,8	4,6
Пр. 507Б	41	33,4	17,6	2,7	–	5,3

Для сухогрузных судов (табл. 6) наибольшую долю в общей массе составляет масса настилов и обшивки – 52 – 57%. Значительная роль рамных связей – 20 – 22%. Доля холостого набора меньше – около 10%. Обращает на себя внимание незначительная изменчивость относительных долей связей по номенклатуре при изменении длины судна L .

Следует отметить, что возросла роль рамных поперечных связей (10 – 12%). На судах пр. 507Б их доля составляла около 8%, что связано с широким применением малых толщин 5–7 мм. Выросли также доля продольных ребер жесткости за счет использования более мощных профилей при сохранении малой продольной шпации и доля продольных рамных связей.

В целом это свидетельствует о перераспределении металлоемкости в пользу набора.

Для нефтеналивных судов (см. табл. 7) наибольшую долю в общей массе также составляет масса настилов и обшивки – 50 – 57%. Значительна роль рамных связей – 23 – 26%. Доля холостого набора меньше – около 9 – 12%. Также обращает на себя внимание незначительная изменчивость относительных долей связей по номенклатуре при изменении длины судна L . Доля рамных поперечных связей еще более заметна, чем на сухогрузах – 15 – 18%.

Таблица 5

Относительное распределение массы корпуса нефтеналивных ССП по группам связей

Длина нефтеналивного судна	Относительная доля группы связи, %					
	Днище	Борта	Палубы	Переборки поперечные	Надстройки и рубки	Прочее
L=105,5 м	28,4	21,3	17,3	18,8	6,1	8,1
L=138,1 м	36,3	22,7	21,8	10,1	3,3	5,8
L=138,2 м	30,8	21,0	29,1	10,8	2,8	5,5
Пр. Р77	25,1	20,9	18,6	19,7	7,2	8,5

Увеличение высоты грузового пространства позволяет повысить общую продольную прочность за счет увеличения расстояния между крайними связями эквивалентного бруса. Более рациональное распределение материала, в свою очередь, приводит к незначительному повышению металлоемкости при существенном увеличении момента сопротивления эквивалентного бруса. Этот вывод хорошо иллюстрируется данными изменения весовых показателей, представленными на рис. 3, 5.

Таблица 7

Относительное распределение массы корпуса нефтеналивных ССП по номенклатуре связей

Длина нефтеналивного судна	Относительная доля связи по номенклатуре, %							
	Обшивки и настилы	Рамный продольный набор	Рамный поперечный набор	Рамный набор переборок	Продольный набор	Поперечный набор	Набор переборок	Прочее
L=105,5 м	55,5	8,7	2,3	2,3	6,4	0,8	1,8	9,8
L=138,1 м	50,7	7,1	1,3	1,3	10,9	2,1	1,6	8,3
L=138,2 м	57,2	8,3	1,1	1,1	8,2	0,9	1,1	5,2

Накопленный в новых экономических условиях значительный технический и практический опыт обеспечения эффективности, надежности и безопасности ССП на этапах изменения классов, модернизаций, ремонтов, реноваций, разовых переходов, расширений районов плавания естественным образом должен был найти и нашел свое отражение при проектировании корпусов нового поколения ССП.

Назначение толщин листовых элементов, которые во многом определяют металлоемкость корпуса, в соответствии с предложенной концепцией производилось путем проверки требований к минимальным толщинам типа $S_{\min} = (A_1 + A_2 L) \cdot \sqrt{\eta} \cdot K(a/a_0)$, где A_1 , A_2 – коэффициенты формул S_{\min} из Правил, η – фактор материала, $K(a/a_0)$ – коэффициент влияния шпации, a , a_0 – принятая для основного набора и нормальная шпации и условия обеспечения устойчивости пластин при общем продольном изгибе, а также требований эксплуатационной надежности [4], долговечности по износам [6].

На рис. 6 приведены толщины днищевой обшивки, требуемые по условиям обеспечения устойчивости и по критерию минимальных толщин в зависимости от длины судна L , шпации a , предела текучести стали $R_{\text{ст}}$ и класса РС.

По эксплуатационным критериям толщина обшивки не должна быть ниже 8 – 9 мм. Исходя из этих толщин, по данным зависимостей, указанных на рис. 6, может быть определена шпация продольного набора. Для ССП она находится, как правило, в пределах 520 – 560 мм.

В табл. 8 определены «предельные» величины пролетов $\ell_{\text{кр}}$ продольных ребер жесткости (РЖ) для обычно применяемых в таких случаях профилей по критериям устойчивости (было принято условие обеспечения эйлеро-

Распределение нагрузки металлического корпуса (с учетом надстроек, рубки и люковых крышек для сухогрузов), %

Проект	Теоретическая шпация									
	20	19	18	17	16	5-15	4	3	2	1
Сухогрузное судно: L=87,05 м	7,59	3,99	6,08	5,71	4,58	4,82	4,67	5,93	4,34	3,89
L=105,8 м	7,28	4,76	4,22	5,12	5,55	5,23	5,34	4,92	2,64	2,48
L=118,4 м	5,18	6,59	7,24	6,99	4,23	4,55	4,65	5,33	5,84	3,77
L=137,8 м	6,69	6,20	6,81	4,77	4,48	4,73	5,70	4,58	4,66	3,97
L=138,5 м	8,00	7,27	7,29	4,72	4,30	4,42	5,18	4,53	5,35	4,53
L=138,9 м	5,94	6,55	6,69	5,14	4,43	4,67	5,17	5,49	4,52	3,88
L=87,05 м	4,25	5,28	5,67	6,46	5,64	4,82	4,65	6,45	4,88	3,71
Нефтеналивное судно: L=105,5 м	5,76	8,42	8,17	8,57	4,87	4,19	4,02	5,17	4,78	4,28
L=136,2 м	2,86	12,83	11,60	4,52	3,80	4,03	3,68	4,66	5,02	6,53
L=138,1 м	5,52	8,73	8,18	4,93	4,12	4,46	4,77	4,80	5,79	3,37
L=138,2 м	4,70	5,80	6,51	7,15	5,12	4,66	4,21	5,45	5,33	4,08

Таблица 10

Распределение нагрузки судна порожнем, %

Проект	Теоретическая шпация									
	20	19	18	17	16	5-15	4	3	2	1
Сухогрузное судно: L=87,05 м	12,74	9,48	8,84	6,07	4,33	3,86	3,97	4,55	5,48	2,11
L=105,8 м	7,25	13,61	14,05	8,53	4,93	3,26	3,26	3,73	4,86	3,98
L=118,4 м	8,51	10,32	11,41	6,32	3,87	4,00	3,88	3,96	4,41	3,68
L=137,8 м	12,22	10,33	10,52	4,02	3,72	3,91	4,25	3,68	3,89	4,27
L=138,5 м	13,49	6,87	7,03	4,50	4,22	4,30	4,55	4,23	4,20	3,55
L=138,9 м	13,87	8,68	11,28	4,93	3,64	3,72	4,04	4,22	3,61	4,27
L=87,05 м	6,32	7,57	6,47	6,75	5,40	4,49	4,33	5,38	4,35	4,09
Нефтеналивное судно: L=105,5 м	5,87	7,63	9,10	10,91	6,80	4,26	3,42	3,45	3,83	2,68
L=136,2 м	9,94	14,99	13,26	3,83	3,33	3,51	3,24	3,96	4,13	4,59
L=138,1 м	11,35	10,59	10,44	4,31	3,66	3,83	4,08	3,80	5,55	4,27

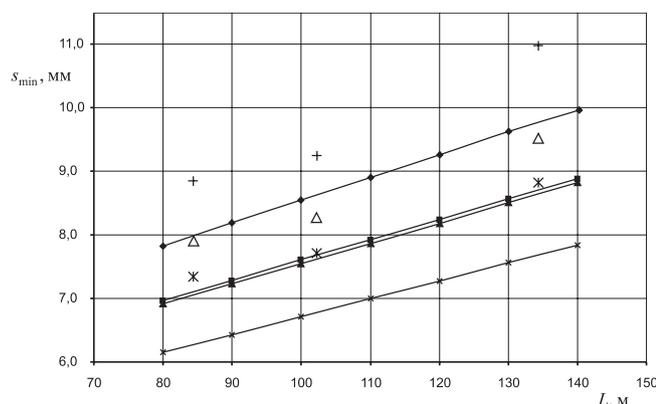


Рис. 6. Требуемые по критерию минимальных толщин и условию обеспечения устойчивости толщины днищевой обшивки

По критерию минимальных толщин

◆ $R_{eff} = 235$ МПа, II, ПСП, ■ $R_{eff} = 235$ МПа, ПСП
▲ $R_{eff} = 315$ МПа, II, ПСП, ✕ $R_{eff} = 315$ МПа, ПСП

По критерию устойчивости обшивки

✕ $a = 0,50$ м Δ $a = 0,55$ м + $a = 0,635$ м

вых напряжений $\sigma_s = 2,6\sigma_t^H$, где σ_t^H – нормативный предел текучести) и местной прочности. Под «ненапряженными» понимаются крайний пояс, или элементы эквивалентного бруса, где напряжения от общего изгиба незначительны (настил второго дна, днище на сухогрузных судах). Под «напряженными» понимается крайний пояс эквивалентного бруса, где напряжения от общего изгиба значительные (днище на нефтеналивных судах, судах-площадках, железнодорожных паромках).

Таблица 8

Определение «предельных» пролетов $l_{кр}$ продольных ребер жесткости

Условие	Номер полосульба					
	10	12	14а	14б	16а	16б
	$R_{eff} = 235$ МПа / $R_{eff} = 315$ МПа					
Устойчивость	1,75/ 1,55	2,27/ 2,00	2,80/ 2,47	2,84/ 2,51	3,34/ 2,95	3,37/ 2,98
Местная нагрузка со стороны воды (для ненапряженного пояска)	1,91/ 2,17	2,30/ 2,60	2,69/ 3,04	2,82/ 3,19	3,13/ 3,55	3,29/ 3,73
Местная нагрузка со стороны воды (для напряженного пояска)	1,59/ 1,80	1,91/ 2,17	2,24/ 2,53	2,35/ 2,66	2,61/ 2,95	2,74/ 3,10
Нагрузка от груза 10 т/м ² (для ненапряженного пояска)	1,44/ 1,63	1,73/ 1,96	2,02/ 2,29	2,12/ 2,40	2,36/ 2,67	2,47/ 2,80

Решение такой задачи позволяет определить рамную поперечную шпацию. Исследования эксплуатационной надежности корпусов ССП показывают, что для условий восприятия возможных нагрузок при посадках на мель для днища и нагрузок от стенок шлюзов, причалов и льда для борта рамная поперечная шпация не должна превышать 2,0 м.

Типовые распределения массы металлического корпуса (включая надстройки и люковые закрытия) ССП нового поколения приведены в табл. 9, массы корпуса судна порожнем – в табл. 10. В качестве основной особенности следует отметить смещение нагрузки от надстройки и оборудования машинного отделения примерно на теоретическую шпацию в корму, а также сокращение собственно длины кормовой части за счет применения ВРК и уменьшенных объемов надстройки. Кроме того, с уменьшением длины L растет относительная доля нагрузки корпуса, приходящейся на среднюю часть.

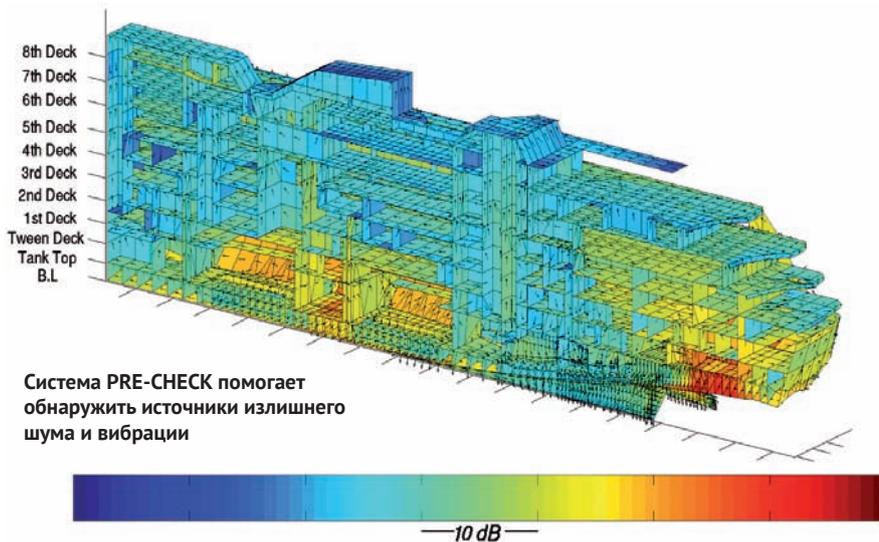
Полученные результаты и принципы легли в основу вновь разработанных в 2001 – 2010 гг. «Морским инженерным бюро» проектов ССП и отражают современные тенденции в проектировании судов рассматриваемого класса.

ЛИТЕРАТУРА

- Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
- Егоров Г.В. Принципы создания нового поколения транспортных судов ограниченных районов плавания // Сб. трудов 7-й Междунар. конф. по судостроению, судоходству, оборудованию морских платформ и обеспечивающих их работу плавсредств, морская техника для освоения океана и шельфа «Нева-2003». – СПб., 2003. – С. 29 – 32.
- Егоров Г.В. Основные факторы, влияющие на надежность корпусов судов ограниченного района плавания // Прочность и техническая эксплуатация корпусов судов: Сб. науч. тр. БГАРФ. – Калининград, 1998. – Вып. 27. – С. 73– 80.
- Егоров Г.В. Учет требований эксплуатационной прочности при назначении толщин корпусов судов внутреннего плавания системы Дунай–Майн–Рейн // Сб. науч. тр. УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000. – №3(369). – С. 32– 43.
- Егоров Г.В. Особенности конструкции корпусов судов ограниченных районов плавания нового поколения // Вопросы динамической прочности, вибрации и безопасности эксплуатации корпусов судов: Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2005. – Вып. 21(305). – С. 126 – 143.
- Егоров Г.В. Оценка расчетных скоростей износа корпусов судов смешанного плавания // Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2006. – С. 15– 17.
- Егоров Г.В. Реклассифицированные суда смешанного плавания // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2010. – Вып. 29. – С. 3 – 16. ■

СТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ УРОВНЕЙ ШУМА И ВИБРАЦИЙ

Что-то было не так: непрерывный грохот настила палубы контейнеровоза вместимостью 7500 TEU был просто невыносим. Каждый раз, когда главный привод достигал определенного диапазона частоты вращения, стальные элементы настила рубки начинали резонировать, сводя с ума всю команду, а ведь это было совершенно новое, прекрасное судно. «Этого можно было избежать, проведя проверку Noise & Vibration PRE-CHECK (предварительную проверку на шум и вибрацию)», –



Система PRE-CHECK помогает обнаружить источники излишнего шума и вибрации

мог бы заметить в данной ситуации инженер по расчетам Ульрих Беренс. Но он не собирается читать лекции. Вопрос слишком серьезный. Беренс, старший инженер в «FutureShip», дочерней компании «Germanischer Lloyd», хорошо понимает, что шум и вибрация на борту судна могут не только деморализовать команду, но и отрицательно сказаться на безопасности условий труда. Недаром Конвенция 2006 г. о труде в морском судоходстве (КТМС), принятая Международной организацией труда (МОТ), устанавливает жесткие границы для таких нежелательных побочных воздействий в соответствии с резолюцией Международной морской организации (ИМО) 468 XII и стандартом ИСО 6954. Шум и вибрация сильно влияют на самочувствие людей и, в частности, на их способность сосредоточиться на работе. Кроме того, они могут стать причиной возникновения крайне опасных условий при эксплуатации судна. По опыту Беренса, эти неблагоприятные факторы зачастую могут проявляться, одновременно причиняя серьезный вред компонентам судна. «Предположительно из-за них могут образоваться трещины в баках, а это уже определенно будет проблемой техники безопасности», – подчеркивает инженер.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ КОМПАНИИ «FUTURESHIP» (ГРУППА КОМПАНИЙ «GERMANISCHER LLOYD»)

«Germanischer Lloyd»,
контакт. тел. (812) 346 8277

К другим компонентам, подверженным опасности, может относиться мачта с сигнальным и навигационным оборудованием.

ство требуемых данных нельзя назвать большим. Методика, разработанная командой инженеров-судостроителей и экспертов по акустике, всегда учитывает взаимодействие между всеми важными параметрами, такими как количество лопастей винта, тип двигателя, палубный набор, схема размещения панелей, положение палубы рубки и эксплуатационные характеристики судна.

Оценка класса риска. По результатам анализа судну присваивается один из пяти различных классов риска. Эти классы указывают на вероятность несоответствия судна требованиям. Уровни оценки представлены значениями риска от «очень низкого» до «очень высокого». Таковы возможности PRE-CHECK. «Теперь у клиента есть прочная база для принятия решений о том, как реагировать и какие меры принять для соблюдения действующих стандартов и будущих обязательных нормативов КТМС», – считает Беренс. Если клиент решит вносить изменения в конструкцию для предотвращения негативных эффектов шума и вибрации, то «FutureShip» может предложить инженерные решения, учитывающие конкретную специфику и основывающиеся на результатах PRE-CHECK. Опытные инженеры-акустики будут работать совместно с инженерами-судостроителями, чтобы разработать решения, исключающие возникновение вредного резонанса. Как замечает Беренс, «в большинстве случаев решение предусматривает управляемое смещение резонансных частот». Весь этот процесс доказывает, что PRE-CHECK следует применять на одной из ранних стадий проектирования, прежде чем приступать непосредственно к строительству. Внешение изменений в уже готовые компоненты гораздо дороже доработки проекта конструкции на ранней стадии. Хотя вибрацию палубного настила, обнаруженную при ходовом испытании, все же можно снизить, установив дополнительные элементы жесткости, балки и кронштейны, это потребует дополнительных работ на верфи и денежных затрат, что может поставить под угрозу сроки сдачи. «Проверка PRE-CHECK должна стать стандартной процедурой в каждом судостроительном проекте», – считает Беренс.

Стандартизированная методика. Слабые места можно выявить заблаговременно на стадии проектирования нового судна, если выполнить проверку Noise & Vibration PRE-CHECK и превентивно обнаружить потенциальные источники шума и вибрации. «FutureShip» применяет стандартизированную технологию, благодаря которой трудоемкая проверка PRE-CHECK проходит всего за несколько дней. «Эта процедура выделяет нас среди конкурентов, – особо отмечает Беренс. – Она позволяет быстро достигать результатов. При должном сотрудничестве участвующих сторон мы сможем выполнить PRE-CHECK за три дня. Ввод судна в эксплуатацию не придется откладывать». Конечно, при сотрудничестве всех сторон, а это значит, что клиент должен предоставить все данные, необходимые для расчетов PRE-CHECK. Не зная параметров и сведений о конструкции конкретного судна, «FutureShip» не сможет рассчитать возбуждающие частоты, равно как и определить резонансные. Но повторим, PRE-CHECK облегчает жизнь клиенту, ведь, как отмечает Беренс, «все, что нужно ему, это заполнить форму данных и предоставить на анализ чертежи стальных конструкций палубы рубки». Количе-

Охрана труда на борту

Конвенция 2006 г. о труде в морском судоходстве МОТ предоставляют всесторонние права и защиту во время работы на борту более чем 1,2 млн. моряков по всему миру. Новый стандарт труда объединяет и корректирует более 65 международных норм, относящихся к морякам, которые были приняты за последние 80 лет. Конвенция определяет права моряков на достойные условия труда. Акцент сделан на охват широкого спектра вопросов, глобальное применение конвенции, простоту, готовность к последующим корректировкам и повсеместное обеспечение нормативными правовыми актами. Данная конвенция призвана стать «четвертым столпом» режима международного регулирования качества судоходства, она дополняет ключевые конвенции ИМО. Итоговые требования к постройке судов были изложены в резолюциях и стандартах. Резолюция ИМО 468 XII и стандарт ИСО 6954 определяют жесткие границы уровней шума и вибрации.

Судно в работе.
Шум и вибрация ставят под угрозу
безопасность на борту
Источник: Dreamstime.



РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛЯМ СПОСОБСТВУЮТ ПРИБЫЛЬНОСТИ

Прибыльная и в то же время безопасная для экологии эксплуатация судов – совсем не взаимоисключающие требования, как показывает система ECO-Patterns от компании «FutureShip». ECO-Patterns выявляет слабые места в регулировании энергопотребления и помогает сократить как объем выбросов CO₂, так и расход топлива.

Фолькер Хёппнер, управляющий директор «FutureShip», подходит к делу прагматично: «Мы лучше разработаем свое собственное решение». Он говорит о сокращении выбросов CO₂ от коммерческого судоходства. С увереннос-

тью можно сказать, что за эти выбросы рано или поздно придется платить. По мнению Хёппнера, добровольная инициатива по сокращению выбросов CO₂ предпочтительнее мер, требуемых законодательством.

Предмет жарких споров. По мнению критиков, выбросы от судов едва ли играют значимую роль в изменении климата. Хёппнер тоже не слишком уверен на этот счет: «Суда – наиболее экологичный способ перемещения грузов из одной точки в другую. Удельный выброс CO₂ от грузовых автомобилей во много раз выше, уже не говоря о самолетах». Даже рельсовый транспорт – вне конкуренции с судами, когда речь заходит об опасности выбросов CO₂ для климата. Это веские доводы. Но драма-

тичные симптомы изменения климата, наблюдаемые за последние десятилетия, не позволяют делать исключения: внимание следует уделять абсолютно всем источникам CO₂. ИМО стремится претворить в жизнь меры по снижению выбросов CO₂, но основной акцент этих усилий делается не на текущих выбросах CO₂ от судоходства, доля которых в мировом масштабе равна всего четырем процентам. Намного больше волнуют перспективы судоходства. Не считая эпизодических падений в цикле деловой активности, объем морских перевозок неуклонно повышается. К 2050 г. выбросы CO₂ от судов могут достичь уровня, в пять раз превышающего текущий объем. В итоге коммерческое судоходство обязательно станет «крупным источником выбросов».

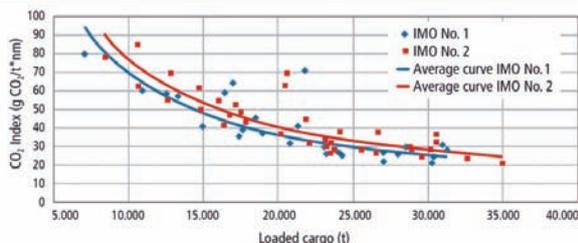
Сравнение позволяет обнаружить слабые места. Так как двигатели судов сжигают мазут или дизельное топливо, они обязательно вырабатывают CO₂. По ориентировочным расчетам, при сжигании 1 т органического топлива выделяется почти 3 т двуокиси углерода, и это нельзя предотвратить никакими техническими средствами. Изменить положение можно только за счет повышения эффективности. Как раз здесь оказывается полезной ECO-Patterns – аналитическая система, разработанная Хёппнером и другими. Первый шаг к оптимизации расхода топлива на судне – это анализ его текущей работы. С помощью системы собирается вся значимая информация о рейсах за период, достаточно продолжительный для репрезентативного анализа. Получившийся в итоге «анализ долгосрочной ситуации» включает все данные, необходимые для оценки текущих энергозатрат. «Разумеется, одни лишь данные практически не скажут ничего, – считает Хёппнер. – Нам необходима последующая работа, предполагающая, по мере возможности, сравнение с одним из нескольких судов той же компании или хотя бы с данными о судне подобного типа. Это позволит быстро узнать, имеются ли статистические «выбросы» (резко выделяющиеся значения) в показателях энергопотребления». Наилучшим из возможных сценариев для Хёппнера был аналитический проект, в котором рассматривался весь флот судов, идентичных по конструкции и работающих в схожих условиях. Сравнение было простым, статистический выброс был быстро обнаружен на сводном графике: полученный показатель EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator – операционный показатель энергоэффективности), на который опирается система ECO-Patterns, был на 10% ниже среднего показателя других су-

ECO-PATTERNS – ANALYZING ENERGY EFFICIENCY

Two ships identical by design supplied their operational data to feed the ECO-Patterns analysis tool. An evaluation of the data resulted in different Energy Efficiency Operational Indicator values (EEOI).

As the diagram shows, performing a root cause investigation to improve energy efficiency would be well worth the effort.

FutureShip offers ECO-Practices analyses to find the answers.



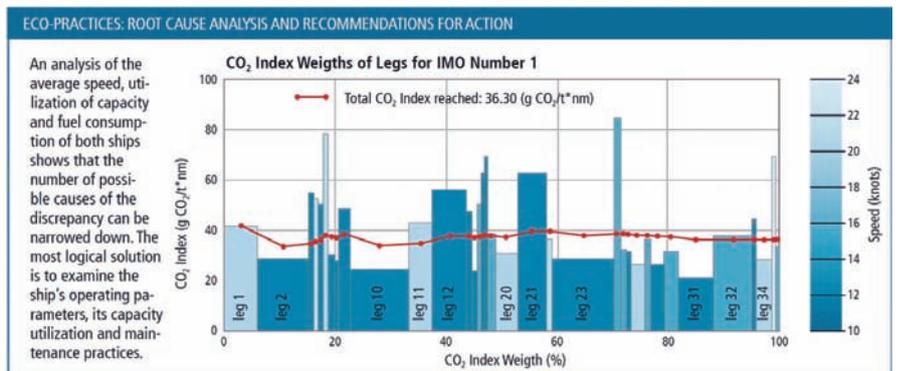
Затраты: ECO-Patterns анализирует расход топлива и помогает его сократить

дов. У остальных судов показатели выбросов CO₂ и, следовательно, расхода топлива оказались очень похожими – ожидаемый результат для идентичных судов, работающих в почти идентичных условиях.

В компетенции капитана. Какой этап следует после анализа с помощью ECO-Patterns? «После этого «FutureShip» может предложить анализ первопричин, – говорит Хёппнер. – Наш следующий шаг – это то, что мы называем ECO-Practices». Это, главным образом, анализ характера и последствий отказов (FMEA), при котором каждая система, имеющая отношение к энергии, подвергается оценке на предмет ошибок и риска. «Возьмем, к примеру, – поясняет Хёппнер, – ситуацию, с которой мы часто сталкиваемся: система водяного охлаждения часто расходует много энергии. И поэтому мы внимательно присматриваемся к ее работе и стараемся найти оптимальный способ повышения эффективности».

Другая область пристального внимания – судовое оборудование для выработки электроэнергии. Тесное сотрудничество с лицами командного состава судна играет для Хёппнера существенную роль. Он получает от них сведения о тончайших аспектах взаимодействия систем судна. «Потрясающий факт – на судне фактически знают, как добиться его эффективной работы. Но во многих случаях никто даже не спрашивает. Мы добиваемся открытости в обсуждении этой информации».

Точные указания. Компания «FutureShip» с ее многообразием консалтинговых услуг может оказать самую разнообразную помощь. Окончательные результаты анализа можно применить на нескольких уровнях вмешательства: самый нижний, или оперативный, уровень затрагивает вопросы эксплуатации судна. Второй уровень позволяет говорить о незначительном переоснащении, а третий предполагает внесение существенных технических изменений. Клиент решает, какой уровень вмешательства выбрать. В случае вышеописанного флота, состоящего из идентичных судов, статистический «выброс» позволил понять несколько важных моментов: анализ с помощью ECO-Patterns быстро показывает, что поиск скрытого потенциала для улучшения работы оправдан. Что делать в данном случае – дать новые указания капитану и командному составу или же инвестировать в технические изменения, например, в более эффективный насос водяного охлаждения. На этот вопрос можно ответить, если выполнить анализ ECO-Practices. ■



EEOI
 Операционный показатель энергоэффективности (EEOI) был разработан IMO как средство измерения и оптимизации эффективности судна. Показатель рассчитывается на основании коэффициента выброса CO₂ (соответствующего используемому топливу), количества израсходованного топлива, пройденного расстояния и объема перевезенных грузов. В отрасли до сих пор не умолкают споры о том, должен ли показатель EEOI стать обязательным к использованию. Но можно с уверенностью предположить, что в ближайшее время он будет внедряться и добровольно.

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОРПУСОВ КОРАБЛЕЙ ВМФ

А.И. Свистунов, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО ВУНЦ ВМФ,
Г.В. Слугин, ген. директор ОАО «Аскольд»,
г. Арсеньев, Приморский край,
контакт. тел. 8 914 799 6059

Проблемы определения и продления ресурса безопасной эксплуатации машин и конструкций в последние десятилетия приобрели исключительную актуальность во всех промышленно-развитых странах. Для ВМФ России важность их решения обусловлена снижением объемов производства для восполнения выводимых из эксплуатации кораблей и судов и значительным физическим износом эксплуатирующихся кораблей [3].

Целью оценки остаточного ресурса корпусов этих кораблей требуется выполнить:

- численный анализ исходного, использованного и остаточного ресурсов как отдельных кораблей, так и групп однотипных кораблей;
- обоснование проектного, фактического и остаточного ресурсов;
- оценку состояния конструкционных материалов несущих элементов с учетом исходной технологической наследственности и возникающих эксплуатационных повреждений;
- определение характера, параметров, дислокации и размеров макро- и микродефектов в несущих элементах;
- расчетный и экспериментальный анализ напряжено-деформированных состояний несущих элементов;
- исследование механизмов естественного и ускоренного старения материалов и оборудования;
- оценку живучести материалов и элементов конструкций на разных стадиях повреждений;
- построение математической модели функционирования корабля как сложного многофункционального объекта и его подсистем для определения фактического состояния и остаточного ресурса;
- комплексную диагностику корпуса корабля и его отдельных элементов для определения остаточного ресурса;
- предварительное и уточненное расчетно-экспериментальное определение остаточного ресурса.

При этом принципиально важно, что *остаточный ресурс должен определяться с более высокой научно-методической точностью, чем проектный и исходный.*

Под *проектным* в данной статье понимается теоретический ресурс, рассчитанный на основе данных о прочности материалов, математических моделей нагружения и т.д. Он должен считаться одинаковым для всех однотипных кораблей и судов ВМФ.

Исходный ресурс – это фактический ресурс корабля в начале эксплуатации. Он ниже проектного, так как в процессе производства на материал

оказываются различного рода воздействия, которые могут привести к скрытым дефектам. При этом из-за конечной надежности методов неразрушающего контроля такие дефекты могут остаться необнаруженными. На исходный ресурс помимо состояния самого материала влияют также качество и метод сборки, человеческий и другие факторы. Исходный ресурс определяется после первого обследования объекта по окончании предпусковых (государственных) испытаний перед вводом в состав флота.

При проектировании корпуса и его отдельных конструкций расчеты прочности проводят применительно ко всему спектру эксплуатационных режимов нагружения, включая испытания на непроницаемость и герметичность [1].

Для обоснования прочности, ресурса и трещиностойкости требуется комплекс расчетов напряженно-деформированного состояния несущих элементов, включающий определение номинальных и максимальных напряжений, амплитуд этих напряжений, максимальных и минимальных температур эксплуатации, чисел циклов и времени эксплуатации.

Для подтверждения критериальных характеристик прочности, ресурса и трещиностойкости проводят комплекс аттестационных испытаний на стандартах, унифицированных или специальных лабораторных образцах. В тех случаях, когда создаются новые и ответственные конструкции, проводят испытания моделей с доведением их до предельного состояния: недопустимой деформации, вязкого или хрупкого разрушения, образования и развития трещин. При этом широко используют методы и средства дефектоскопии – ультразвуковой, рентгеновской, оптической, акустической и акустоэмиссионной, электромагнитной, термовизионной, голографической.

По результатам испытаний решают две важные практические задачи:

- обоснование принятых расчетных схем, расчетных случаев, предельных состояний и запасов прочности;
- переход на новые, обычно пониженные запасы прочности.

В последнем случае предельно низкие запасы прочности обосновывают полномасштабными испытаниями в условиях, приближенных к штатным, по конструкторско-технологическим решениям и представительному спектру эксплуатационных воздействий. Однако и при проведении таких испытаний запасы по местным напряжениям и деформациям рекомендуется иметь не ниже 1,15–1,25, а по ресурсу – не ниже 3–5.

На стадии эксплуатации корпуса и отдельных его конструкций с учетом изменения состояния несущих элементов (механические свойства и дефектность) и накопления эксплуатационных повреждений проводят при необходимости испытания отдельных узлов или целых изделий, определяют остаточную прочность, ресурс и трещиностойкость [2]. Продлить ресурс безопасной эксплуатации можно с использованием всех запасов – по номинальным напряжениям, местным напряжениям и деформациям, трещиностойкости, времени и числу циклов.

Поскольку под *ресурсом корабля* как технической системы понимают ее наработку от начала эксплуатации до наступления предельного состояния, то понятие последнего допускает различное толкование в зависимости от выбранного критерия предельного состояния. При отсутствии макродефектов (типа деформаций и трещин) предельное состояние определяется критическими величинами местных напряжений или деформаций с учетом зон концентрации напряжений и выделения характерных точек и величин напряжений. Введение в расчет по критериям статической, длительной и циклической прочности коэффициентов запаса по местным напряжениям и деформациям позволяет установить допускаемое с точки зрения безопасности суммарное повреждение нескольких режимов нагружения по времени, числу циклов и температуре и оценить ресурс безопасной эксплуатации, в том числе и при аварийных режимах. Следует отметить, что значительное влияние на накопление повреждений, а следовательно, и на ресурс, оказывают как

конструкционные факторы, включая концентраторы напряжений, так и технологические, определяемые механическими свойствами материала.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОРПУСОВ КОРАБЛЕЙ

Основной принцип диагностики состояния кораблей как технических систем заключается в следующем:

- 1) последовательном и систематическом измерении определенных параметров систем;
- 2) выявлении изменений этих параметров в процессе эксплуатации и сравнении их с исходными;
- 3) прогнозировании изменения этих параметров.

Технические приемы и методы диагностики, применяемые для контроля технических систем, можно подразделить на три типа:

- *полуквалифицированные*, например, фиксирование температуры, давления, вибрации и т.д.;
- *квалифицированные*, например, анализ частоты вибраций, постоянная регистрация эксплуатационных характеристик, визуальный осмотр, использование датчиков деформаций и т.д.;
- *высококвалифицированные*, например, анализ моделей, использование дефектоскопии, магнитографии, голографии, акустической эмиссии и т.д.

С усложнением современной техники, повышением требований к ее надежности и недопустимости создания аварийных ситуаций, которые могут привести к катастрофе, увеличивается число контролируемых структурных параметров, а следовательно, необходимых измерительных средств.

Технические средства диагностики по характеру использования можно условно разделить на два класса: оперативные средства и средства диагностики, используемые при изготовлении, профилактических осмотрах, ремонтах, технологических испытаниях, предпусковых испытаниях и т.д.

Средства могут быть аппаратными и программными. Персонал, средства и объект диагностирования, взаимодействующие между собой, образуют *систему диагностирования*.

При создании автоматизированной системы оперативной диагностики необходимо выполнить следующие этапы.

1. Определить необходимые иерархические уровни для каждого объекта диагностики.
2. Определить диагностические параметры для каждого узла, входящего в объект диагностики.

3. Определить диагностические параметры, имеющие значение для всего объекта диагностики.

4. Определить необходимый оптимальный объект измерений диагностических параметров объекта диагностики.

5. Определить состав приборных систем диагностики, тип ЭВМ, математическое обеспечение работы системы.

6. Решить задачу прогнозирования работоспособности объекта диагностики в реальном масштабе времени.

Для поиска дефектов и прогнозирования состояния объектов диагностики в целях устранения возможных аварий и катастроф необходимо измерять большое число диагностических параметров.

Физические параметры разделяют на следующие группы: кинематические, геометрические, статические, динамические, тепловые, акустические, электрические и магнитные, механические и др. Измерение физических параметров положено в основу различных методов и средств технической диагностики, с помощью которых анализируется состояние объекта. *Наиболее существенными в практике технического диагностирования* являются параметры надежности и живучести корабля, находящиеся в функциональной зависимости от измеренных значений, полученных при реализации методов: электрометрии, виброакустики, дефектоскопии, структуроскопии, измерении механических свойств, состава вещества, размеров, скоростей и др.

При выборе регистрируемых параметров должны учитываться следующие требования:

- возможность контроля функционирования механизмов и устройств технологического оборудования;
- предотвращение неправильных действий личного состава и попадания внешних предметов в опасную зону технологической системы;
- контроль наиболее важных параметров внешней среды и специального оборудования (прежде всего тех, которые могут ускорить процессы коррозионного износа и разрушения отдельных корпусных конструкций);
- контроль параметров, возможность (невозможность) работы личного состава в зоне аварии или при выполнении восстановительных работ.

К числу параметров, наиболее важных для обеспечения безопасности технологического оборудования, относятся: параметры движения корабля; вибрации; силовые, тепловые, электрические усилия и моменты; давления; затрачиваемая мощность; напряжения в несущих конструкциях и т.п.

Для несущих конструкций рассчитываются параметры, определяющие:

- прочность, жесткость и устойчивость (с применением методов сопротивления материалов);
- прочность и циклический ресурс – долговечность (с применением методов теории много- и малоциклового усталости);
- прочность и временной ресурс – долговечность (с применением методов теории ползучести и длительной прочности);
- динамическую прочность и ресурс (с применением методов динамики деформирования и разрушения);
- трещиностойкость (с применением методов линейной и нелинейной механики разрушения).

При выборе параметров учитываются помехозащищенность датчиков и обеспечение достаточной точности оценки аварийной ситуации.

Общий комплекс работ по определению исходного и остаточного ресурса сложных технических систем включает поэтапное их рассмотрение для стадий проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации.

На стадии проектирования составляется и согласовывается техническое задание (ТЗ), разрабатываются предэскизный, эскизный и рабочий проекты, создаются физические и математические модели, широко используются системы автоматизированного проектирования (САПР) с применением электронных вычислительных машин (ЭВМ). При этом назначается и обосновывается исходный ресурс безопасной эксплуатации корабля и определяются критерии безопасности.

На стадии постройки проводится контроль исходной проектной документации и технологичности, выбираются и обосновываются технологии и материалы, устанавливается исходное состояние несущих элементов, проводится дефектоскопический контроль.

Две стадии испытаний (штатных и стендовых) включают в себя проверку работоспособности спроектированных и изготовленных отдельных конструкций корпуса, их деталей и узлов и уточнение ресурса. По выбранным и обоснованным критериям назначаются режимы эксплуатации, ресурс и методы контроля.

Эксплуатация подразумевает государственные испытания, сдача корабля флоту и выход его на штатную эксплуатацию (ввод в состав ВМФ). На этой стадии подтверждаются принятые проектные решения и назначаются методы оценки остаточного ресурса. При этом используется единая система критериев.

2. ЗАДАЧА ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОРПУСА КОРАБЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Если при анализе механизмов отказов отдельных элементов и деталей конструкций на стадии эксплуатации корпуса корабля, рассчитанных на длительные сроки службы, исключить отказы вследствие нерасчетных перегрузок, природных воздействий, ошибок при проектировании, ремонте или эксплуатации, то остальные *случаи наступления отказов* можно отнести преимущественно к двум группам:

- усталостные и коррозионно-усталостные трещины, растущие до опасных или недопустимых размеров;
- коррозия, приводящая к снижению толщин несущих элементов до опасных или недопустимых размеров.

Так, разрушение или повреждение в результате развития трещин является возможной формой предельного состояния палубных настилов и сосудов давления, наиболее широко эксплуатируемых на корабле.

К основным аспектам решения проблем безопасной эксплуатации корпуса корабля и его отдельных конструкций, выработавшего значительную часть проектного срока эксплуатации или не имеющего расчетного срока эксплуатации, относится дальнейшее совершенствование методологии оценки его остаточного ресурса. Однако проблема осложняется тем, что формирование теории безопасности объектов и, в частности, корабля, характеризуется переходом от доминирующей ранее концепции «нулевого риска», базирующейся на нормативных коэффициентах надежности и безопасности, к концепции «приемлемого риска», согласно которой управление безопасностью по сути дела является управлением рисками.

Необходимо отметить, что назначенный ресурс (рассчитанный при проектировании) можно трактовать как текущую величину, которая может уточняться при эксплуатации по мере получения информации фактической нагруженности.

Основной вопрос состоит в пересмотре сроков службы на основе анализа состояния корпуса корабля и его отдельных конструкций, дополнительных поверочных расчетов и оценки остаточного ресурса с учетом современных требований по безопасности. Базой назначения нового (продленного) срока службы должно служить доказательство на стадии эксплуатации (т.е. с учетом уточненных данных) больших возможностей (долговечности, т.е. ресурса) по сравнению с оценками (т.е. проектным ресурсом), сде-

ланными на основе консервативных моделей и характеристик на стадии проектирования.

В связи с этим возникает необходимость проведения большого объема исследований, связанных с изучением условий образования предельных состояний отказов объектов по критериям прочности, ресурса и надежности на разных стадиях эксплуатации. Наиболее эффективным научным подходом для предсказания и изучения нелинейного по своей сути поведения таких объектов, как корабль, является математическое моделирование, иначе – вычислительный эксперимент.

Математическое моделирование представляет собой методологию исследований сложных технических систем, широко использующую возможности современных ЭВМ и достижения прикладной математики. Оно не только эффективно дополняет традиционно применяемые расчетно-экспериментальные методы исследования, но и все чаще оказывается единственным подходом к прогнозированию возможности и последствий эксплуатации указанных систем (машин, конструкций) в экстремальных и аварийных условиях, когда другие методы или неприменимы, или не могут быть использованы по экономическим, экологическим и иным соображениям.

Основу такого подхода составляют математические модели наблюдаемых процессов, эффективные численные алгоритмы и пакеты программ. При этом физическое приближение исследуемых объектов, включающее в себя описание (параметризацию) конструктивных форм поведения материалов и сред, а также разнообразных воздействий, является ключевым моментом моделирования. Особенно это касается выбора, обоснования и, если необходимо, последовательного уточнения моделей поведения материалов и сред на основании данных физического лабораторного эксперимента и доступных натуральных измерений.

Для успешного проведения вычислительного эксперимента требуется разработка специальных баз и банков данных, включающих в себя физико-механические характеристики деформируемых и окружающих сред, характеристик сопротивления деформированию и разрушению конструкционных материалов, параметров уравнений состояния и уравнений их эволюции, в том числе для моделей механики повреждений, описания типовых деталей и узлов исследуемых объектов с возможными случаями нагружения и др.

Вместе с тем следует отметить, что сами нагрузки, действующие на

деформируемое твердое тело, часто заранее неизвестны. Они возникают как результат взаимодействия с другими телами, окружающими средами или физическими полями иной природы (тепловыми, радиационными, электромагнитными и пр.). Это приводит к необходимости постановки и решения задач, сложность которых усугубляется существенно нелинейным характером и различными временными и пространственными масштабами физических явлений, одновременно протекающих во взаимодействующих средах.

Результаты численного эксперимента могут быть использованы для оценки фактического состояния и безопасности исследуемого объекта или прогнозирования остаточного ресурса. Проблемы обоснования безопасности в эксплуатации, прочности и ресурса объектов новой техники на основе численного моделирования представляют собой очень широкий и содержательный класс математических задач.

3. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПУСА КОРАБЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

Исходя из сказанного можно предложить следующую схему построения системы определения остаточного ресурса корпуса корабля (рис. 1).

1. Задача построения систем оценки остаточного ресурса делится на две: построение системы на стадии проектирования корабля и построение системы для него при эксплуатации.

2. Для обеих стадий жизненного цикла корабля (стадии проектирования и эксплуатации), строятся математические модели износа. Для этого в обоих случаях определяется рекомендуемый режим работы, периодичность контроля, перечень технических параметров, характеризующих состояние объекта, а также набор средств контроля и измерений.

3. Для объекта на стадии проектирования строится математическая модель функционирования и износа, в частности, представляемая в виде дерева. При этом учитываются прочностные характеристики материалов; предполагаемые режимы работы (величина и распределение нагрузок во времени и т.п.) и условия эксплуатации (климатические условия, факторы коррозии и т.п.).

4. Для построения модели износа корпуса корабля и его отдельных конструкций, находящегося в эксплуатации, оценивается требуемая периодичность контроля по фактическому состоянию, вплоть до непрерывного мониторинга.

Критериями могут являться: предельные значения некоторых физических параметров отдельных конструкций корпуса; первоначальные данные о проектном ресурсе корпуса корабля и его отдельных конструкций с учетом срока и условий эксплуатации корабля; условия эксплуатации; статистические данные, полученные в процессе эксплуатации однотипных кораблей; техническое состояние в текущий момент времени; мнение экспертов по эксплуатации и неразрушающему контролю.

Математическую модель оценки фактического состояния объекта (рис. 2) строят, исходя из следующих условий и предположений [4, 5].

Имеющаяся на данный момент совокупность технических параметров (образующих пространство технических параметров) объекта зависит от того, какими эти параметры были в начале эксплуатации, от режима функционирования объекта и от истории условий эксплуатации и режимов работы. Под условиями эксплуатации в данном случае следует понимать рабочие нагрузки, систематические и случайные факторы коррозии и т.п., которые в общем можно также назвать совокупностью разрушающих воздействий. Под режимом работы объекта понимается развертка во времени набора технических процессов, каждый из которых характеризуется совокупностью рабочих параметров. Изменение технических параметров объекта описывается уравнением состояния

$$x(t) = F(x(t_0), u_{[t_0, t]}, K).$$

О совокупности технических параметров корабля судят по результатам прямых или косвенных измерений физических параметров. Совокупность результатов измерений зависит от соответствующих технических параметров объекта на момент измерений и условий, в которых проводились измерения. Данная стадия описывается уравнением измерений

$$y(t) = G(x(t), u(t)).$$

По полученной совокупности измерений строится оценка истинных значений технических параметров корпуса корабля и его отдельных конструкций. Этот процесс описывается уравнением оценок

$$\hat{x}(t) = H(y(t)).$$

Далее оценивается фактическое состояние корпуса корабля (вектор в пространстве состояний), о котором судят по совокупности оценок истинных значений технических параметров объекта, полученных в данных условиях [4]:

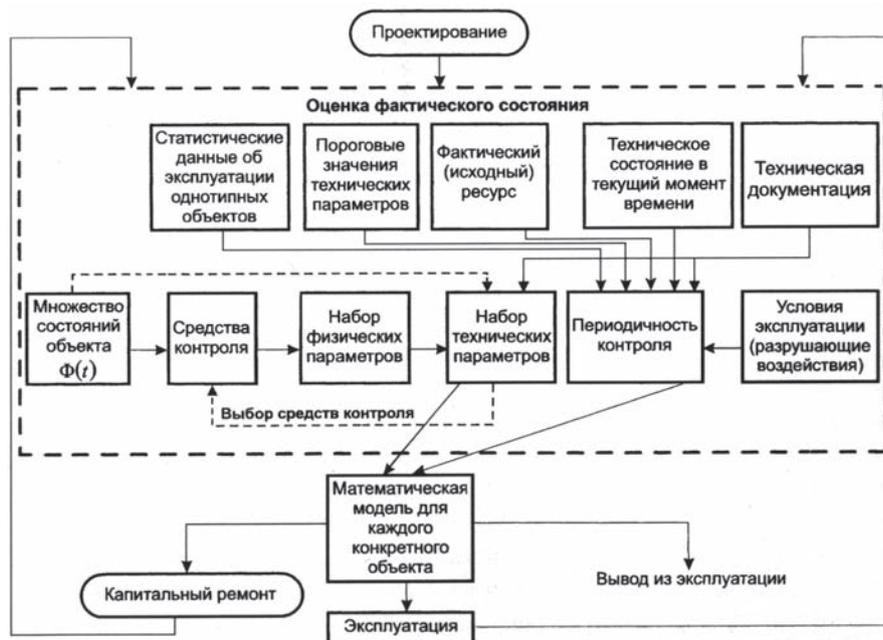


Рис. 1. Построение математической модели функционирования корпуса корабля как объекта

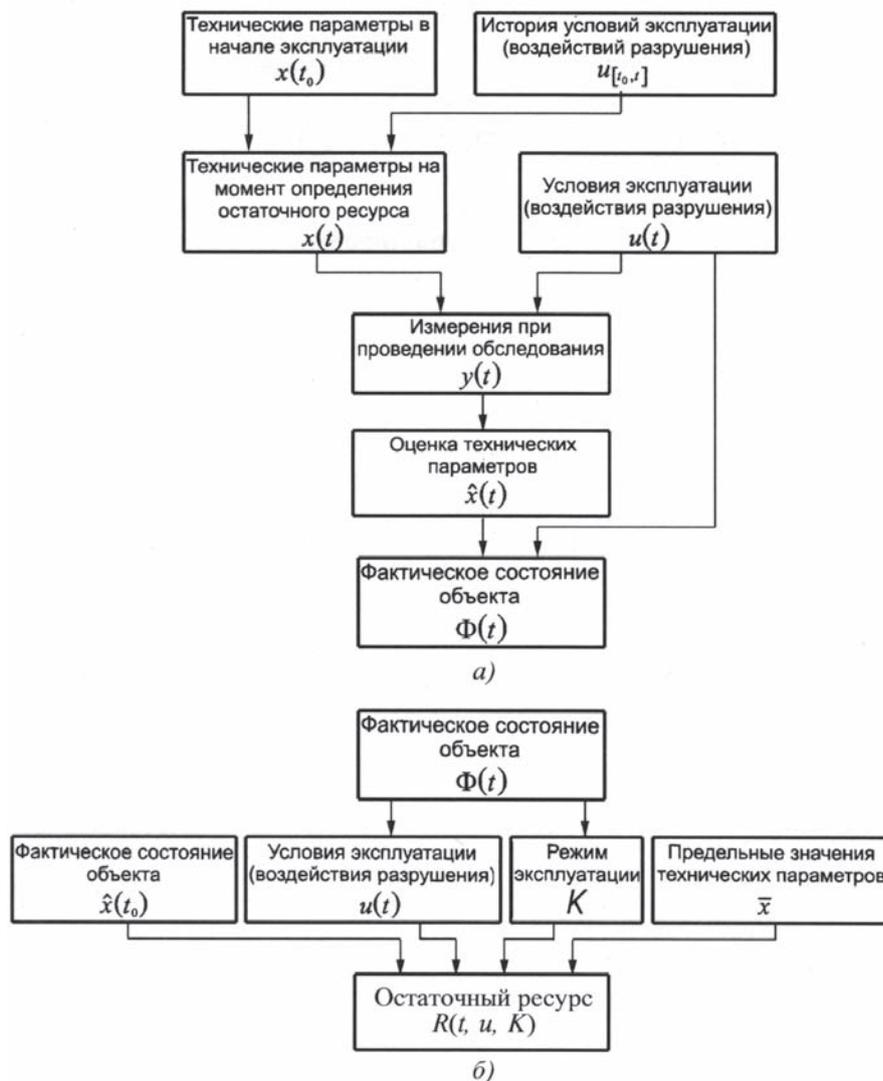


Рис. 2. Схема построения системы определения остаточного ресурса: а – оценка фактического состояния для определения остаточного ресурса; б – определение остаточного ресурса

$$\Phi(t) = \Psi(\hat{x}(t), y(t)).$$

Остаточный ресурс корпуса рассчитывается по построенной математической модели и определяется совокупностью оценок технических параметров корабля, уравнением состояния, условиями эксплуатации, фактическим состоянием корпуса корабля и его отдельных конструкций и совокупностью предельных технических параметров:

$$R(t) = W(t, \hat{x}(t), u(t), \bar{x}, \Phi(t)).$$

Тогда математическая модель системы оценки фактического состояния корпуса с последующим определением остаточного ресурса выглядит следующим образом:

$$x(t) = F(x(t_0), u_{[t_0, t]}, K); \quad (1)$$

$$y(t) = G(x(t), u(t)); \quad (2)$$

$$\hat{x}(t) = H(y(t)); \quad (3)$$

$$\Phi(t) = \Psi(\hat{x}(t), y(t)); \quad (4)$$

$$R(t) = W(t, \hat{x}(t), u(t), \bar{x}, \Phi(t)), \quad (5)$$

где (1) – уравнение состояния (может задаваться эволюционным или дифференциальным уравнением – детерминированным или стохастическим в зависимости от входящих в правую часть величин); (2) – уравнение измерений (стохастическое); (3) – уравнение оценок (детерминированное); (4) – уравнение оценки фактического состояния объекта (предполагает алгоритм отнесения объекта к некоторому классу, построенный на основе вероятностных методов); (5) – уравнение оценки остаточного ресурса (предполагает алгоритм прогнозирования с использованием уравнения (1)).

Здесь $x(t)$ – вектор технических (диагностических) параметров; $u(t)$ – условия эксплуатации объекта в текущий момент времени; $u_{[t_0, t]}$ – условия эксплуатации корабля на промежутке времени $[t_0, t]$; K – вектор, характеризующий режим работы корпуса корабля и его отдельных конструкций; $y(t)$ – измерения при проведении контроля (прямые или косвенные) – случайная величина; $\hat{x}(t)$ – оценка вектора технического состояния (случайная величина); $\Phi(t)$ – оценка фактического со-

стояния объекта на момент времени t ; $R(t)$ – оценка остаточного ресурса на момент времени t ; \bar{x} – предельные значения технических параметров.

При этом за момент времени t_0 в уравнении (1) при построении математической модели принимается момент начала эксплуатации объекта, а при определении остаточного ресурса – момент оценки технического состояния корпуса корабля. Для оценки остаточного ресурса фактически надо в уравнение (1) в качестве начальных условий подставить оценку $\hat{x}(t)$ из

уравнения (3), в качестве эксплуатационных нагрузок – планируемые (например, те условия, в которых функционировал корабль до проведения контроля), рассчитать траектории изменения технических параметров и соответственно промежуток времени, в течение которого ни один из технических параметров не достигает своего предельного значения либо вектор фактического состояния не выйдет из допустимой области в пространстве состояний.

Данная модель строится для каждого существенно влияющего на ресурс элемента конструкции корпуса корабля. Остаточный ресурс всего корпуса оценивается по компоненту в наихудшем состоянии.

Поскольку измерения при проведении контроля являются случайными величинами, то описанную модель нельзя считать полностью детерминированной и поэтому необходимы математические описания статистических закономерностей измерений и их связей с показателями состояния объекта контроля для оценки фактического состояния этого объекта. По сути, оценка истинных значений технических параметров в соответствии с уравнением (3) является задачей распознавания состояния, в котором находится объект контроля, для решения которой может быть применен вероятностный подход.

Необходимо заметить, что, выбирая нужным образом функцию $u(t)$ (условия эксплуатации) и вектор K (параметры функционирования) в уравнении (1), можно управлять изменением технических параметров, а следовательно, остаточным ресурсом.

При построении системы оценки остаточного ресурса в ходе проекти-

рования нового корабля в него необходимо ввести средства мониторинга текущего состояния в наиболее критических точках (расчетных местах концентрации напряжений, известных на примере построенных ранее и уже находящихся в эксплуатации однотипных кораблей, возможных центрах возникновения коррозии и т.п.).

При невозможности введения средств мониторинга необходимо конструктивно предусмотреть доступ к критическим точкам для ведения плановых диагностических мероприятий.

Следует также конструктивно предусмотреть доступ для выполнения периодических исследований «немониторинговыми» методами, существенно дополняющими картину фактического состояния объекта, например дефектоскопии, металлографии, радиографии.

Средства непрерывного мониторинга корпуса корабля и его отдельных конструкций должны иметь средства передачи данных для организации сети и подключения ее к серверу обработки данных. При этом наиболее целесообразной представляется организация беспроводных сетей, менее зависящих от внешних условий и более надежных, чем обычные проводные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила выполнения расчетов прочности конструкций корпуса надводных кораблей, 1981.
2. РЭКУС НК-84 (Руководство по эксплуатации металлических корпусов, устройств и систем). Прилож. 4: Инструкция по дефектации корпусных конструкций надводных кораблей ВМФ
3. Директива ДВИЕ.360090.001 («Надводные корабли. Порядок продления межремонтных и полных сроков службы боевых надводных кораблей, боевых катеров, кораблей специального назначения, морских судов обеспечения, катеров и рейдовых судов обеспечения. Положение»).
4. Надежность и эффективность в технике. – Т. 8 / Под ред. В.И. Кузнецова, Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1990.
5. Безопасность России. – М.: МГФ «Знание», 1998. ■

О обеспечение отечественных отраслей промышленности новыми высококачественными конструкционными сталями, выгодно отличающихся от аналогов по набору служебных свойств и предназначенных для изготовления ответственных конструкций и изделий, способных противостоять воздействию предельно высоких статических, циклических и динамических нагрузок, а также агрессивной коррозионной среды, является важной и в то же время весьма сложной задачей, которая стоит перед разработчиками новых материалов. Одной из основных современных тенденций является создание коррозионно-стойких свариваемых сталей аустенитного класса, легированных азотом. Это связано прежде всего с широкими возможностями направленного воздействия на структурное состояние, прочность, коррозионные и специальные свойства азотистых сталей за счет легирования, термической и термомеханической обработки. Кроме того, использование азота как основного легирующего элемента, доступного практически в неограниченных количествах, позволяет экономить дорогостоящие и дефицитные металлы, такие как никель и молибден.

В то же время существуют некоторые особенности получения азотистых сталей, которые связаны с низкой растворимостью азота в железе (0,044 %) [1]. Для достижения требуемой концентрации азота в стали (0,45 – 0,60%) ее необходимо легировать хромом в количестве до 20%, а чтобы обеспечить аустенитную структуру – никелем и марганцем в определенном сочетании.

Таким образом, азотсодержащие стали являются коррозионно-стойкими. Причем, коррозионная стойкость помимо хрома в большой степени обеспечивается также и азотом [2 – 4]. Кроме того, в таких сталях целесообразно снизить концентрацию углерода до минимально возможных значений ($\leq 0,04\%$), чтобы исключить выделение карбидов хрома при термомеханической и термической обработке азотсодержащей стали в интервале температур 600 – 900 °С, которые, выделяясь преимущественно по границам зерен, оказывают вредное воздействие на пластичность, ударную вязкость, склонность к межкристаллитной коррозии [5, 6].

Уже на стадии лабораторных исследований было показано, что разработанная азотсодержащая сталь близка по химическому составу к формуле 04X19Г11Н5М2АФБ, обеспечивает предел текучести до 650 МПа при открытом способе выплавки в индукционной электропечи и до 750 МПа при электрошлаковом переплаве. При этом пластические свойства сохраняются на высоком уровне, соответствующем традиционным нержавеющейим сталям типа X18H10 [7].

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ШИРОКОГО ВНЕДРЕНИЯ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ АЗОТОМ

*Г.Ю.Калинин, канд. техн. наук, зав. лабораторией,
А.А.Харьков, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
О.В.Фомина, вед. инженер,
Ю.В.Голуб, вед. инженер, ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»,
контакт. тел. (812) 274 7369*

Возможность создания таких сталей обеспечивается разработкой специальных технологических режимов их производства с последующим созданием технологических инструкций для промышленного производства листового проката и других видов металлопродукции на отечественных металлургических заводах.

При разработке лабораторных технологий и создании опытных образцов листового проката было показано, что требуемое качество полученных сталей достигается путем применения традиционных технологических операций, используемых при выпуске стального проката, в которых основное значение имеет специальный научно-обоснованный подбор режимов термомеханической и термической обработки для выбранного химического состава стали, формирующих необходимую тонкую структуру, отвечающую за комплекс приобретаемых служебных свойств.

Это позволяет избежать необходимости создания или приобретения нового технологического оборудования, либо проведения коренной реконструкции металлургического производства на заводах-изготовителях.

К настоящему времени мировой и отечественный рынок стальной продукции постоянно развивается в сторону увеличения спроса на качественные конструкционные стали. В то же время наблюдается серьезная конкуренция производителей коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей.

Наибольшее распространение среди аустенитных нержавеющейих сталей нашли хромо-никелевые стали типа X18H10, которые дополнительно могут быть легированы титаном или ниобием для снижения склонности к межкристаллитной коррозии. Для повышения конкурентоспособности за счет снижения стоимости этих сталей никель частично заменяют марганцем, хотя это в ряде случаев идет в ущерб их коррозионной стойкости.

Недостатками таких сталей являются низкая прочность (предел текучести не превышает 200 – 250 МПа) и недостаточная коррозионная стойкость во многих агрессивных средах. В некоторых сталях, легированных молибденом (до 6 %) и азотом (0,2 – 0,4%) коррозионная стойкость существенно повышается, но предел текучести достигает максимального значения на уровне 400 – 450 МПа.

Хромоникелевые стали типа X18H10(AISI304) широко используются в качестве декоративных элементов зданий и сооружений, на транспорте, для изготовления емкостей пресной воды или нейтральных в коррозионном отношении жидких продуктов, которые не должны загрязняться продуктами коррозии металла, и т.п.

Там, где применяются стали типа 18-10, не имеет смысла конкурировать с ними. Их производство повсеместно хорошо налажено, поэтому установившиеся на рынке металлов цены находятся на уровне 120 – 190 тыс. руб. за тонну (в зависимости от марки стали и сортамента металлопродукции).

Поэтому уже при разработке азотсодержащих сталей и технологий их получения сразу предполагалось использовать такие коррозионно-стойкие аустенитные стали для изделий, где одновременно требуется высокая прочность (что дает возможность в 2 – 3 раза уменьшить толщину стенок изготавливаемых конструкций или в той же пропорции сэкономить металл по массе), коррозионная стойкость и износостойкость (что увеличивает долговечность изделий от 2 до 10 раз). Кроме того, в ряде случаев к сталям предъявляются требования по низкой магнитной проницаемости. Азотсодержащая сталь обеспечивает предельно низкую магнитную проницаемость, ниже 1,01 Гс/Э, в то время как стали типа X18H10 таких значений проницаемости не гарантируют.

ФЦП «Развитие гражданской и морской техники на 2009 – 2016 годы» предусматривает строительство целого ряда объектов морской техники, где применение

ние азотсодержащих коррозионно-стойких сталей наиболее целесообразно.

Основными из таких объектов являются:

- суда-газовозы, где из нержавеющей стали изготавливаются контейнеры (танки) для сжиженного газа;
- атомные ледоколы и морские нефтесборывающие платформы с ледовым поясом из плакированной стали, где в качестве плакирующего слоя служит нержавеющая сталь, а основного металла – бейнитная хладостойкая сталь;
- океанские маломангнитные научно-исследовательские суда (НИС) для изучения геомагнитных явлений и решения прикладных исследовательских задач, связанных с обеспечением надежной навигации и поиска судов, ведением геологоразведки океанического дна и шельфа. Корпуса таких судов должны быть изготовлены из высокопрочного немагнитного материала.

Кроме того, рассматривается вариант использования азотсодержащей стали с пределом текучести более 400 МПа в качестве корпусного материала для перспективных объектов глубоководной морской техники по обслуживанию подводных трубопроводов, например «Северного потока».

Объемы инвестиций по перечисленным проектам и источники финансирования работ по их подготовке определены указанной программой и другими документами, содержащими экономические и финансовые проработки по рентабельности и окупаемости представленных проектов, включая оценку возможных рисков. В объеме данной публикации было решено оценить потребность в листовом прокате азотсодержащей стали для этих целей и возврат средств в госбюджет только в виде НДС на продукцию (прокат), который легко окупает затраты на проведение научных исследований и разработку азотсодержащих сталей и создание технологий их получения.

Отличительной особенностью рынка потребителей азотсодержащей стали, занятых в других отраслях промышленности, является то, что при их многочисленности разовые потребности каждого составляют от нескольких килограммов (электротехническая промышленность, приборостроение, медицина, пищевая промышлен-

ность) до нескольких тонн (химическая, нефте-газодобывающая и др.). Причем часто запрашивается сталь, отличающаяся по толщине листового проката, размеру поволоков и сортового проката.



Рис. 1. Минимальная мелкосерийная потребность в азотсодержащей коррозионно-стойкой стали в различных отраслях промышленности (т в год)

ность) до нескольких тонн (химическая, нефте-газодобывающая и др.). Причем часто запрашивается сталь, отличающаяся по толщине листового проката, размеру поволоков и сортового проката.

По предварительной оценке, исходя только из имеющихся на сегодняшний день обращений потребителей различных отраслей в адрес ЦНИИ КМ «Прометей», можно сделать предпосылки ежегодного мелкосерийного потребления азотсодержащей коррозионно-стойкой стали по отраслям (рис. 1).

На самом деле, учитывая огромное количество развивающихся предприятий малого и среднего бизнеса по всем регионам России, осуществляющих свою деятельность в области бытовой химии, пищевой промышленности по переработке мясомолочной, овощной продукции и фруктов, мелкосерийное потребление азотсодержащей коррозионно-стойкой стали, стойкой в агрессивных средах, должно возрасти в несколько десятков раз и приблизиться к 100 тыс. т в год.

Но для осуществления такого прогноза необходимо преодолеть весьма серьезное существующее противоречие между металлургическими заводами-поставщиками стали и мелкосерийными потребителями. Это противоречие связано прежде всего с тем, что все крупные металлургические заводы, способные производить высококачественные марки сталей, оснащены многотонными сталеплавильными печами, как правило, емкостью 100 – 120 т, из которой получается 65 – 70 т листового проката.

Поэтому минимальная норма, поставляемая заводом заказчику, составляет 60 т (один товарный вагон). Если для металлоемких проектов, какие реализуются в судостроении, приобретение такого

количества стальной продукции является обычной приемлемой нормой, то ни одному из мелкосерийных заказчиков таких объемов поставок не требуется, а многим из них просто и не по средствам.

В этом звене «поставщик–потребитель» целесообразно иметь промежуточную структуру, способную осуществлять закупки крупных партий стали у заводов-изготовителей, имеющие складские помещения для хранения листового проката, с последующей поставкой по договорам мелких партий листового проката азотсодержащей коррозионно-стойкой стали потребителям.

Авторы убеждены, что существующие трудности на пути внедрения этих сталей будут преодолены и с течением времени применение азотсодержащих сталей будет постоянно увеличиваться.

Работа выполняется по гос. контракту с Роснаукой № 02.513.11.3475 от 20.08.2009 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. ASM Speciality Handbook Stainless Steels. Ed.J.R.Davis-USA // The Materials Information Society. – 1994. – P. 201.
2. Corrosion Test and Stanolarts: Application and Interpretation. Ed.R.Baboian.–USA: ASTM, 1995, 730 p.
3. Kasahara K., Maruhiko. A. Влияние высокого содержания азота на механические свойства и питтинговую коррозию // Тэцу то хаганэ. – 1986. – Т.72. – № 13. – С.1444.
4. Beneke R., Sandenbergh. R. Влияние азота и молибдена на сенсibiliзирующие свойства низкоуглеродистых аустенитных нержавеющей сталей // Corros. Sci. – 1989. – 29. – № 5. – С.543 – 555.
5. Колчин Г.Г., Ермаков Б.О. Склонность к межкристаллитной коррозии хромоникелевых аустенитных сталей, легированных азотом и молибденом // Защита металлов, 1986. – Т. 22. – № 5. – С.763 – 765.
6. Кузьмина Е.В., Калинин Г.Ю. Исследование влияния углерода, ванадия и ниобия на структуру, механические свойства и склонность к межкристаллитной коррозии аустенитной азотсодержащей стали марки 04X20N6Г11M2АФБ. – Тр. конф. молодых ученых и специалистов ЦНИИ КМ «Прометей». – СПб: ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», 2007. – С.5 – 11.
7. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1964. ■

Таблица
Возврат средств в госбюджет от продажи азотсодержащих сталей

Объект применения азотсодержащей стали	Потребность стали на единицу продукции, т	Ориентировочная стоимость металла за тонну, тыс.руб.	Возврат в госбюджет в виде НДС (18%), млн.руб.
Газовозы с вкладными танками	4000	250	180,0
Научно-исследовательские немагнитные суда	4500	250	202,5
Глубоководная морская техника	8000	250	360,0
Мощные атомные ледоколы	500	250	22,5
Всего:	17 000	250	765,0

В работе рассматривается один из важных и сложных классов температурных задач упруго-пластических деформаций конструкций, связанных с применением сварки, которая в настоящее время является основным способом неразъемного соединения элементов конструкций практически во всех отраслях промышленности и строительства, что обусловило необходимость изучения напряжений и деформаций в элементах конструкций, вызываемых нестационарными температурными полями $T(x, y, z, t)$. Каждое нестационарное температурное поле вызывает напряженное состояние, изменяющееся с течением времени t , и задача определения поля напряжений (деформаций) в таких случаях является динамической. При этом, если уравнение теплопроводности не содержит члена, зависящего от деформаций, то задачи определения полей температур и, с другой стороны, деформаций (и напряжений) решаются независимо друг от друга.

Рассмотрим несвязанные температурные задачи деформируемого тела, которые характеризуются следующими условиями: температура в весьма ограниченной области тела изменяется в широких пределах; в неподвижной системе координат температурное поле подвижно, и температура в каждой точке зоны нагрева изменяется во времени, охватывая весь цикл нагрева и остывания. В связи с этим оказываются подвижными зоны упругих, упруго-пластических и чисто пластических деформаций. В зоне более интенсивного нагрева физико-механические характеристики материала изменяются в широких пределах. Благодаря пространственному характеру конструкции ее деформации и напряжения также носят сложный пространственный характер. Остаточные напряжения и деформации, образовавшиеся после полного остывания конструкции, взаимодействуют с полем напряжений, вызванных внешней нагрузкой, что необходимо учитывать для обеспечения ее прочности и надежности.

Применение сварки вызывает необходимость:

а) математически моделировать процесс сборки и сварки, обосновать рекомендации по уменьшению (компенсации) сварочных деформаций и разработать рациональные технологические процессы с целью сокращения трудоемкости выполнения сборочно-сварочных работ и повышения качества изготовления конструкций;

б) обеспечить эксплуатационную прочность конструкций с учетом влияния остаточных сварочных деформаций и напряжений.

ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ РАСЧЕТА СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В.И. Алферов, канд. техн. наук, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»,
контакт. тел. (812) 723 6073*

Что касается первой из указанных проблем, то *инженерные методы* определения и предотвращения остаточных сварочных деформаций, действующие в судостроении и регламентируемые РД 5.9807–93 [1], разработаны еще в 50–70-е гг. прошлого века и основаны на упрощенных допущениях [2–5]. Главный недостаток существующих методик заключается в том, что упрощенные теоретические зависимости для температурных полей вынуждено применялись при исследовании деформационных процессов, происходящих при сварке относительно простых элементов конструкций типа массивных стальных изделий или пластин и др. Однако реальные конструкции неизмеримо сложнее. Существующие методики не учитывали многие важные обстоятельства, в том числе, зависимость теплофизических и механических характеристик материала от температуры, сложной геометрии конструкции и граничных условий, теплоотдачи в окружающую среду. Методики расчетов сварочных деформаций оказались применимы в основном для сравнительно простых типовых узлов и плоских секций.

Инженерные методы расчетов сварочных деформаций имеют еще один недостаток: это методическое допущение о принципе разделения общей задачи определения сварочных деформаций на *две составные части*: термомеханическую и деформационную, что приводит к условному разделению процессов деформирования в собственно сварных швах и в остальной части конструкции. На самом деле деформации конструкции зависят от укорочений в сварных швах, определяемых параметрами сварочного процесса, а укорочения в сварных швах, в свою очередь, зависят от геометрии и жесткости конструкции и условий на ее границах. В реальных процессах подвижное температурное поле оказывает непрерывное воздействие на деформации конструкции вплоть до завершения сварки и остывания ее до температуры окружающей среды.

По указанным причинам совершенствование методов расчетов сварочных напряжений и деформаций является весьма актуальным. Для частичного исправления некоторых недостатков, в частности для учета геометрических и

жесткостных характеристик сложных пространственных конструкций, были предприняты другие подходы и разработана новая *инженерная методика* [6–8], основанная на использовании метода конечных элементов (МКЭ) в статической постановке. Данная методика расчетов сварочных деформаций оказалась полезной при расчетах сварочных деформаций пространственных конструктивных узлов и блоков, а также целого корпуса в процессе его сборки и сварки на стапеле и в случаях модернизации корпусов судов (кораблей) с большим объемом замены секций. Это позволило разработать рекомендации по снижению остаточных деформаций с целью сокращения трудоемкости сборочно-сварочных работ. Однако при этом точность оценок внутренних усилий в сварных швах с применением указанной методики остается в ряде случаев недостаточной, так как базируется по-прежнему на действующей РД 5.9807–93 [1].

Дальнейшее совершенствование расчетных методов оценки сварочных деформаций и напряжений целесообразно с применением решений термомеханической задачи, позволяющей осуществить более детальное моделирование очень сложного сварочного процесса. Применение МКЭ и решение термомеханической задачи, с использованием современных ЭВМ, позволяет смоделировать очень сложный тепловой процесс сварки и более точно обосновать рекомендации по уменьшению (компенсации) сварочных деформаций на всех технологических этапах, сократить трудоемкость сборочно-сварочных работ, повысить качество изготовления конструкций, что весьма актуально для постройки корпусов судов и морских сооружений.

Из рассмотрения второй указанной проблемы следует, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые в последние годы в изучении процессов образования сварочных напряжений и деформаций, а также в оценке их влияния на прочность сварных конструкций [9], много еще остается малоисследованным. В первую очередь, это относится к количественной оценке развития упруго-пластических деформаций в металах шва и околошовной зоны при сварке конструкций. Существующими

методами (как экспериментальными, так и расчетными) можно получить весьма ограниченную информацию такого типа для зоны, подверженной воздействию высоких температур либо имеющей ограниченный доступ для постановки датчиков.

Еще одна проблема связана с оценкой взаимодействия сварочных напряжений и деформаций с внешней силовой либо температурной нагрузкой. Интерес к таким оценкам возникает при изучении прочности сварных соединений, а также при исследовании влияния различных технологических операций на остаточные напряжения и деформации. До недавнего времени не существовало возможности достаточно точной математической постановки и решения проблемы исследования сварочных деформаций (напряжений) с учетом ряда важных обстоятельств сварочного процесса. Объективные условия для разработки и решения подобных задач появились лишь в последние годы в связи с бурным развитием и увеличением мощности и быстродействия вычислительной техники. Это позволило перейти от количественного описания экспериментально достаточно изученных типовых сварных соединений к моделированию сборки и сварки сложных технологических процессов. С его помощью можно получить информацию, трудно доступную на данном этапе для экспериментальных методов и упрощенных инженерных схем.

Таким образом, применение МКЭ и решений термопластической задачи также актуально и весьма перспективно для решения второй указанной проблемы – оценки прочности корпусных конструкций с учетом остаточных напряжений и деформаций.

С учетом несвязного характера температурной задачи расчет сварочных деформаций конструкций с использованием термопластических решений может быть разделен на две задачи: а) определение температурных полей в процессе моделирования сварки и запись их через равные промежутки времени (0,5–1,0 с) во внешнюю память ЭВМ; б) оценка деформаций и напряжений конструкции под воздействием температурных полей.

Различие физических основ указанных задач предопределяет соответствующим образом различные алгоритмы их решения. Однако обе задачи могут быть успешно решены с применением универсального МКЭ и современных ЭВМ.

2. ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРКИ

В общем случае передача тепла может осуществляться посредством теплопроводности, конвекции, радиации и лучистой энергии. В процессе сварки

передача тепла в твердых телах определяется в основном теплопроводностью и частично конвекцией. В связи с относительно невысокой температурой сварки можно пренебречь радиацией и лучистой энергией, не совершая большой ошибки в расчетах.

Таким образом, процесс распространения тепла в конструкции при сварке может определяться уравнением нестационарной теплопроводности [10]

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \ddot{q} = c\rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

где $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – коэффициенты теплопроводности материала в направлении осей x, y, z , Дж/см²°С; для стали $\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z$.

Для реализации расчета на ЭВМ при получении системы разрешающих уравнений МКЭ используются следующие стандартные приемы:

а) предполагается, что дифференциальное уравнение (1), составленное для элементарного объема, выполняется для каждого конечного элемента;

б) применяются стандартные вариационные методы, в которых дифференциальное уравнение умножается на допустимую функцию температуры и интегрируется по объему элемента;

в) в пределах каждого элемента температура аппроксимируется зависимостью

$$T(x, y, z) = \sum N_i(x, y, z) T_i, \quad (2)$$

где величины T_i – узловые температуры; N_i функции – формы для рассматриваемых элементов.

Такая процедура приводит к системе уравнений для конечных элементов, которые образуют глобальную систему уравнений для анализа стационарного теплового состояния, а именно:

$$[K] \{T\} = \{Q\}, \quad (3)$$

где $[K]$ – матрица теплопроводности; $\{T\}$ – вектор узловых температур; $\{Q\}$ – вектор узловых тепловых потоков.

Разрешающие уравнения для описания переходных процессов нелинейных систем могут быть получены подобным образом. В случае нестационарной теплопередачи изменяются со временем температуры, тепловой поток, тепловые нагрузки и происходит изменение внутренней энергии.

В соответствии с ранее указанной процедурой можно получить следующую систему уравнений:

$$[C] \{\dot{T}\} + [K] \{T\} = \{Q\}, \quad (4)$$

где $[K]$ – матрица теплопроводности; $[C]$ – матрица удельной теплоемкости; $\{T\}$ – вектор узловых температур; $\{\dot{T}\}$ – производная температуры от времени; $\{Q\}$ – вектор узловых тепловых потоков.

Для вычисления значений температуры $\{T\}$ используется следующий способ интегрирования по времени:

$$\{T_{n+1}\} - \{T_n\} = \Delta t_n (1 - \theta) \{\dot{T}_n\} + \Delta t_n \theta \{\dot{T}_{n+1}\}. \quad (5)$$

Этот прием известен как способ Эйлера. В данном случае имеем:

$\Delta t_n = t_{n+1} - t_n$ – шаг интегрирования по времени между точками n и $n + 1$; $\{T_n\}, \{T_{n+1}\}$ – значения температур в моменты времени n и $n + 1$; $\{\dot{T}_n\}, \{\dot{T}_{n+1}\}$ – производные температур; θ – параметр Эйлера.

Значение параметра θ определяет метод интегрирования по времени. В программе ANSYS параметр θ удовлетворяет соотношению $1/2 < \theta < 1$.

Когда используются указанные методы интегрирования по времени, система уравнений для нестационарной теплопроводности принимает вид

$$[\bar{K}] \{\Delta T\} = \{\bar{Q}\}, \quad (6)$$

где $\{\Delta T\} = \{T_{n+1}\} - \{T_n\}$; $[\bar{K}]$ – эквивалентная матрица теплопроводности, которая зависит от матрицы теплопроводности $[K]$ и удельной теплоемкости $[C]$; $\{\bar{Q}\}$ – эквивалентный вектор теплового потока, учитывающий $\{Q\}, \{T_n\}$ и $\{\dot{T}_n\}$.

Эквивалентные выражения $[\bar{K}]$ и $\{\bar{Q}\}$ имеют следующий вид:

$$[\bar{K}] = \frac{1}{\theta \Delta t} [C] + [K];$$

$$\{\bar{Q}\} = \{Q\} + \frac{1 - \theta}{\theta} [C] \{\dot{T}\} - [K] \{T_n\}. \quad (7)$$

Поскольку теплофизические свойства материала являются зависимыми от температуры [11, в нелинейном анализе члены уравнения нестационарной теплопроводности (4) становятся функциями от температуры, и эта система принимает вид

$$[C(T)] \{\dot{T}\} + [K(T)] \{T\} = \{Q(T)\}. \quad (8)$$

Уравнение для нелинейной задачи может быть записано в виде

$$\{P(T)\} = \{Q(T)\}, \quad (9)$$

где $\{P\}$ – вектор внутренних узловых тепловых потоков, определяемый плотностями тепловых потоков элемента; $\{Q\}$ – вектор узловых тепловых потоков, обусловленных внешней (т.е. приложенной) тепловой нагрузкой.

Система нелинейных уравнений (9) решается итерационным методом, известным как метод Ньютона–Рафсона. Цель его – удовлетворение соотношения $\{\Phi\} = \{Q\} - \{P\}$, стремящегося к нулю.

Разность между вектором внешней нагрузки $\{Q\}$ и вектором внутреннего теплового потока $\{P\}$ рассматривается как остаточный, неравновесный поток или вектор ошибки $\{\Phi\}$. При этом фактически вычисляется некоторая норма остаточного вектора (невязки), и цель состоит в том, чтобы достигнуть выполнения условия $|\Phi| \rightarrow 0$.

Следующий шаг метода Ньютона–Рафсона состоит в применении усеченных рядов Тейлора к остаточному вектору. Этим достигается линеаризация системы уравнений:

$$[K^{(i-1)}] \{T^{(i)}\} = \{Q^{(i)}\} - \{P^{(i-1)}\}. \quad (10)$$

Далее выполняются равновесные итерации ($i=1, 2, 3, \dots$), и пересчитываются температуры для получения новых значений:

$$\{T^{(i)}\} = \{T^{(i-1)}\} + \{\Delta T^{(i)}\} \quad (11)$$

В применении к *нелинейному нестационарному* анализу теплового процесса сварки метод Ньютона–Рафсона комбинируется с *методом интегрирования по времени*, что приводит уравнения (10) к следующему виду:

$$[\bar{K}^{(i-1)}] \{\Delta T^{(i)}\} = \{Q^{(i)}\} - \{\bar{P}^{(i-1)}\}, \quad (12)$$

где $[\bar{K}]$ – эквивалентная матрица теплопроводности; $\{\bar{P}\}$ – эквивалентный вектор внутреннего теплового потока.

При этом температуры оцениваются методом итераций согласно уравнению $\{T_{(n+1)}^{(i)}\} = \{T_{(n)}^{(i-1)}\} + \{\Delta T^{(i)}\}$. (13)

В результате решения уравнения (12) во внешней памяти ЭВМ аккумулируются параметры температурных поле сварочного процесса, что позволяет перейти к решению *второй* части проблемы – к решению *деформационной задачи*.

3. РЕШЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МКЭ

Теоретические основы данного метода с использованием теории упруго-пластических деформаций и теории течения [9,12–13] в неизотермическом процессе разрабатывались в 60–70-е гг. Для решения деформационной задачи теория упруго-пластических деформаций располагает известными дифференциальными уравнениями, полученными для элементарного объема (уравнениями равновесия, геометрическими уравнениями, физическими уравнениями, отражающими нелинейные свойства материала). При этом зависимость напряжений и упруго-пластических деформаций определяется уравнением

$$\sigma_i = E \varepsilon_i, \quad (14)$$

$$\text{где } \sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (15)$$

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + 3(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)} \quad (16)$$

E – секущий модуль деформации 1-го рода.

Следует отметить исключительную важность понятий интенсивности напряжений σ_i и интенсивности деформаций ε_i , которая заключается в том, что при помощи зависимости (14) сколь угодно сложное объемное напряженное состояние сводится к простому растяжению или сжатию стержня.

Таким образом, для решения деформационной задачи в упруго-пластичес-

кой области имеется 18 уравнений с 18 неизвестными. Это решение должно также удовлетворять условиям на границе: $p_{xv} = \sigma_x \cos(xv) + \tau_{xy} \cos(yv) + \tau_{xz} \cos(zv)$;

$$p_{yv} = \tau_{xy} \cos(xv) + \sigma_y \cos(yv) + \tau_{yz} \cos(zv); \quad (17)$$

$$p_{zv} = \tau_{xz} \cos(xv) + \tau_{xy} \cos(yv) + \sigma_z \cos(zv).$$

Тепловое воздействие на элементарный параллелепипед приводит к дополнительным деформациям:

$$\varepsilon_x^i = \varepsilon_y^i = \varepsilon_z^i = \alpha T; \gamma_{xy}^i = \gamma_{yz}^i = \gamma_{zx}^i = 0, \quad (18)$$

где α – коэффициент линейного расширения; T – температура.

При высокой температуре в вышеуказанных формулах модули деформаций E и G становятся зависимыми от температуры $E(T)$ и $G(T)$. Следовательно, зависимость деформаций от напряжений может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E(T)} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] + T, \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G(T)}; \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E(T)} [\sigma_y - \mu(\sigma_z + \sigma_x)] + T, \quad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G(T)}; \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E(T)} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] + T, \quad \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G(T)}, \\ \sigma_i &= E(T) \varepsilon_i. \end{aligned} \quad (19)$$

При решении нелинейной деформационной задачи в уравнениях равновесия и условиях на границе (17) необходимо также учитывать появление дополнительных членов уравнений, связанных с температурными нагрузками αT [13].

Следовательно, задача расчета сварочных деформаций с применением теории упруго-пластических деформаций сводится к системе известных 18 дифференциальных уравнений [13] с заданными краевыми условиями (20). Эти уравнения, полученные для элементарного объема, необходимо распространить на область реальной пространственной конструкции и оценить воздействие переменных температурных полей на ее деформации. Задача эта чрезвычайно сложная, а теория упруго-пластических деформаций не предоставляет общих решений. Имеющиеся в литературе частные решения [9,11–13] связаны с применением численных методов интегрирования дифференциальных уравнений или метода конечных элементов.

Использование численных методов интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений и вычислительной техники позволяет построить систему линейных алгебраических уравнений и осуществить их решение с применением приближенных итерационных схем (метод упругих решений и др.). Однако авторы [9] отмечают плохую сходимость итерационных процессов, зависимость ее от размера задачи и параметров алгебраических уравнений. Процесс получения необходимых решений на ЭВМ состоял из нескольких стадий: а) выбор модели рассматриваемой задачи с соответствующим математическим опи-

санием; б) формирование системы линейных алгебраических уравнений; в) разработка алгоритма численного решения алгебраических уравнений; г) программирование и реализация решения на ЭВМ; д) апробирование расчетного алгоритма путем анализа и сопоставления с экспериментом.

Однако в 60–70-е гг., в силу сложности решения большого числа нелинейных уравнений численными методами и недостаточной мощности ЭВМ указанный метод мог быть реализован для сравнительно простых одномерных и двумерных задач, которые чаще всего имели лишь теоретический, а не практический интерес. Применение МКЭ и ЭВМ в те же годы также было ограничено в силу несовершенства программных комплексов. Совершенствование в последующие годы программ МКЭ и оснащение их средствами генерации расчетной модели существенно упростило создание и формирования больших систем алгебраических уравнений, а повышение быстродействия ЭВМ и разработка эффективных численных методов облегчили реализацию процесса решения нелинейной задачи. Это позволило перейти к решению практических задач расчета сварочных деформаций судовых корпусных конструкций.

Ниже рассмотрена процедура решения нелинейной деформационной задачи (с применением МКЭ) при расчете сварочных деформаций конструкции под действием тепловых полей. На данном этапе используется принцип последовательного прослеживания развития упруго-пластической деформации по соответствующим шагам расчета через равные промежутки времени (0,5–1,0 с) от начала сварки до полного охлаждения конструкции. То есть на каждом интервале времени (шаге нагружения) упруго-пластическое решение находится с учетом напряженно-деформированного состояния в конце предыдущего интервала и его принимают как начальное для последующего шага. Несмотря на то, что процесс развития упруго-пластических деформаций происходит во времени, на каждом шаге нагружения производится решение статической нелинейной задачи, а основное уравнение равновесия исключает переменную по времени и имеет вид, сходный с уравнением (3):

$$[K][U] = \{F^a\} + \{F^r\}, \quad (21)$$

где $[K]$ – общая матрица жесткости конструкции, равная $\sum_1^N [K_e]$; $[U]$ – узловый вектор перемещений; $[K_e]$ – матрица жесткости КЭ; $\{F^r\}$ – вектор реакций от нагрузок; $\{F^a\} = \{F^{nd}\} + \sum_1^N (\{F^th\}_e + \{F^{pr}\}_e)$; $\{F^{nd}\}$ – приложенный вектор узловых нагрузки; $\{F^th\}_e$ – вектор тепловой нагрузки на элемент; $\{F^{pr}\}_e$ – вектор давления на элемент.

В уравнении (21) содержатся две правые части: вектор внешней нагрузки $\{F^a\}$ и вектор внутренних реакций $\{F^r\}$, являющийся результатом суммарного действия внешних нагрузок. Вектор внешней нагрузки $\{F^a\}$ (21) включает три составляющих: вектор $\{F^{th}_e\}$, который оценивается на каждом шаге решения тепловой задачи; два других вектора – $\{F^{pr}_e\}$ и $\{F^{nd}\}$ – могут быть заданы для учета влияния на напряженно-деформированное состояние сварного шва механической обработки (наклепа) или силовых внешних нагрузок.

Система нелинейных уравнений (21), решается как стационарная задача итерационным методом Ньютона–Рафсона.

4. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МКЭ И ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Для уточнения некоторых допущений и параметров схемы решения тепловой задачи были выполнены экспериментальные и расчетные исследования [18] остаточных сварочных деформаций опытных образцов (500×500×20) при автоматической сварке по методу «поперечная горка». В процессе сварки опытного образца проводилось измерение температуры в характерных точках образца с применением термопар. Сопоставление расчетных и экспериментальных значений температур в соответствующих сечениях модели и природы для сходных периодов времени процесса показало их достаточно близкую сходимость (до 10–15%).

Для апробации алгоритмов решения тепловой и деформационной задачи с использованием МКЭ ранее были выполнены расчеты сварочных деформаций следующих конструкций [14–18]:

а) тавровой балки при свободной опоре на стенде, при закреплении на стенде с помощью скользящих соединений, включающих вертикальные перемещения, и последующей механической обработке шва и ЗТВ (давлением до $p = 350$ МПа); б) тавровой балки при воздействии низкотемпературного отпуса ($T \approx 650^\circ\text{C}$), или кратковременной тепловой нагрузкой с заданной температурой; в) бортовой секции при установке и сборке на полотноще продольного и поперечного набора при применении автоматической, полуавтоматической и ручной сварки; г) опытного образца при применении многопроходной полуавтоматической сварки в среде защитного газа; д) автоматической однопроходной односторонней сварки стыковых и пазовых швов обечаяк цилиндрических резервуаров (диаметр $D = 5$ м, длина $L = 2$ м, толщина листов $s = 16\text{--}30$ мм) по методу «поперечная горка».

Сопоставление результатов расчетов с имеющимися данными экспериментальных измерений сварочных деформаций показали, что принятый метод обеспечивает удовлетворительную точность и может быть полезен для расчетного обоснования технологических приемов уменьшения остаточных деформаций судовых корпусных конструкций.

Было также показано, что в зоне сварного шва максимальные напряжения в продольном направлении превышают величину предела текучести материала, имеются также достаточно большие величины компонентов напряжений в поперечном и в нормальном к листу направлении, что свидетельствует о сложном напряженном состоянии в зоне сварного шва. Эти данные могут быть полезны при оценке статической и усталостной прочности конструкции.

Методика расчета сварочных деформаций и напряжений достаточно универсальна и может быть применена к различным сложным корпусным конструкциям с учетом ручной, полуавтоматической и автоматической сварки, при применении V-образной и X-образной форм разделки кромок, при любой технологической последовательности сборки и сварки конструкции. Естественным ограничением применения данной методики являются размер памяти и быстрдействие ЭВМ. Эти ограничения можно преодолеть путем разработки рациональной модели МКЭ для рассматриваемой конструкции, включающей рациональный выбор типов конечных элементов, их размеров и последовательности выполнения сварных швов.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 5Р.9807–93 Корпуса металлических судов. Методы определения и предотвращения остаточных сварочных деформаций.
2. Николаев Г.А. Сварочные конструкции. – М.: Машгиз, 1951.
3. Окерблом Н.О. Расчет деформаций металлоконструкций при сварке. – М.–Л., 1955.
4. Рыкалин Н.Н. Расчет тепловых процессов при сварке. – М.: Машгиз, 1957.
5. С.А. Кузьминов. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций. – Л.: Судостроение, 1974.
6. Алферов В.И., Михайлов В.С. Математическое моделирование процесса накопления сварочных деформаций при изготовлении конструкций танкера с применением метода конечных элементов. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1996, вып. «Прочность судов транспортного флота».
7. Михайлов В.С., Алферов В.И. Математическое моделирование остаточных сварочных деформаций при изготовлении корпусов судов // Судостроение. – 1998. – №2.
8. Алферов В.И., Куликов В.П., Михайлов В.С. Разработка рациональных технологических процессов изготовления судовых корпусных конструкций на основе рас-

четных оценок сварочных деформаций с использованием МКЭ и вычислительной техники. – 7-я Общероссийская конфер. и выставка по морским интеллектуальным технологиям МОРИНТЕХ, 18-19 сентября 2008, С.-Петербург.

9. Махненко В.И. Расчетные методы исследования кинетики сварочных напряжений и деформаций. – Киев: Наукова думка, 1976.
10. Крейн Ф., Блэк У. Основы теплопередачи – М.: Мир, 1983.
11. Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике: Справ. под ред. Б.Е. Неймарка. – М.–Л.: Энергия, 1967.
12. Винокуров В.А., Григорьян А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. – М.: Машиностроение, 1984.
13. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1961.
14. Алферов В.И., Шапошников В.М. Применение решения термопластической задачи для расчетов сварочных напряжений и деформаций судовых корпусных конструкций. – XXII Международ. конфер. «Математическое моделирование в механике деформируемых тел и конструкций. Методы граничных и конечных элементов». – 2007.
15. Алферов В.И., Шапошников В.М., Кюпринг С.Д. Расчет остаточных сварочных напряжений в многопроходном шве опытного образца с применением решения термопластической задачи. – XXII Международ. конфер. «Математическое моделирование в механике деформируемых тел и конструкций. Методы граничных и конечных элементов». – 2007, С.-Петербург.
16. Алферов В.И. Соотношение инженерных методов и термопластических решений с применением МКЭ для расчетов сварочных напряжений и деформаций судовых корпусных конструкций. – Конфер. по строительной механике корабля памяти проф. П.Ф. Папковича, С.-Петербург, 2007.
17. Alferov V.I., Steshenkova N.A. Application of FEA and solution of thermoplastic problems for calculation of residual welding stresses and strains in vessel shells with the use of one-side automatic welding technology. «Assesment of reliability of materials and structures: problems and solutions» – 22-th International conference, St. Petersburg, Russia, 17–19 June, 2008, vol. 1.
18. Алферов В.И., Стещенко Н.А. Расчетные и экспериментальные исследования остаточных сварочных деформаций при автоматической сварке стыковых соединений по методу «поперечная горка». – 7-я Общероссийская конфер. и выставка по морским интеллектуальным технологиям МОРИНТЕХ, 18–19 сентября 2008, С.-Петербург.
19. Панин В.И. Экспериментально-расчетная оценка остаточных сварочных деформаций турбинных водоводов ГЭС // Автоматическая сварка. – 2007. – №5.
20. Кузьминов С.А., Михайлов В.С. Определение поперечных деформаций при многопроходной сварке листов из алюминиевых и других сплавов // Научно-технический и производственный сборник. – 1962. – №5. ■

Форма корпуса судна влияет на распределение сил поддержания и, следовательно, на изгибающий момент, действующий на судно в процессе эксплуатации. Величина этого изгибающего момента влияет, в первую очередь, на обеспеченность общей прочности корпуса. Кроме того, изменившаяся в процессе эксплуатации и ремонта форма корпуса (появление остаточного прогиба или перегиба) приводит к появлению на отдельных участках корпуса остаточных напряжений, которые могут уменьшать коэффициент запаса на выносливость и изменять редуцированные коэффициенты пластин, что в итоге может привести к снижению общей прочности. Правилами Российского Речного Регистра с 2009 г.

предлагается порядок учета общего перегиба корпуса и даются нормативы, позволяющие оценить его влияние на общую прочность [1]. Однако существующий способ определения нормируемого параметра (стрелки остаточного прогиба f_o) представляет значительную трудность, так как требует учета рассчитываемого с большими погрешностями упругого прогиба. Нами ранее предложен оригинальный способ вычисления остаточной изогнутой оси корпуса судна по результатам измерения высоты хорды на отдельных участках палубы [2]. В настоящей статье предлагается другой способ достижения той же цели по изменению угла поворота поперечного сечения на заданном отрезке длины корпуса.

Как и прежде, ордината остаточной изогнутой оси корпуса в любом сечении по длине вычисляется по рассчитанной кривизне на отдельных участках корпуса, но вместо высоты хорды на заданном участке измеряется изменение угла поворота поперечного сечения корпуса $\Delta\varphi$. На рис. 1 показано расположение участков для измерения по длине корпуса, а на рис. 2 – схема измерения изменения угла поворота поперечного сечения корпуса.

Изменение угла поворота определяется по изменению отклонения отвеса, что позволяет рассчитать кривизну на заданном участке по формуле

$$c_i = \frac{1}{R_i} = \frac{\Delta\varphi_i}{l_i}, \quad (1)$$

где l – длина участка с заданной кривизной.

Ординату остаточного перегиба в любом сечении по длине судна можно определить по (2), вывод которой дан в [3 и 4].

$$y_{\text{ост}}(x) = \frac{\sum_1^n c_i l (L - L_i)}{L} x - \sum_1^n \left(\frac{c_i (x - (L_i - \frac{l}{2}))^2}{2} \Big|_{x \geq L_i - \frac{l}{2}} - \frac{c_i (x - (L_i + \frac{l}{2}))^2}{2} \Big|_{x \geq L_i + \frac{l}{2}} \right), \quad (2)$$

где $y_{\text{ост}}(x)$ – ордината остаточной изогнутой оси корпуса; L_i – расстояние от начала изогнутой оси до середины участка, на котором измерена кривизна, м; $x \geq (L_i - \frac{l}{2})$ и $x \geq (L_i + \frac{l}{2})$ –

ИЗМЕРЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО ПРОГИБА И ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ КОРПУСОВ СУДОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ УГЛА ПОВОРОТА В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ

С. О. Барышников, проф., ректор СПбГУВК,
контакт. тел. (812) 251 1221

показатели, указывающие, что слагаемые учитываются только в том случае, когда выражение в скобках, возводимое в квадрат, имеет положительное значение; L – расчетная длина судна.

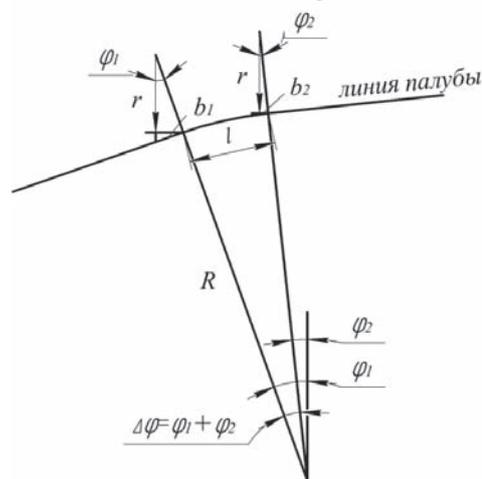


Рис 2. Схема измерения изменения угла поворота поперечного сечения корпуса

Для установления кривизны по формуле требуется довольно высокая точность определения изменения угла поворота поперечного сечения. Точность определения угла отклонения от вертикали в начале участка φ_1 и в конце участка φ_2 можно увеличить в десятки раз с помощью прибора, использующего рычажную систему, как на схеме прибора, показанного на рис. 3.

В приборе на плите 1, устанавливаемой на палубе судна, имеются две стойки 2, поддерживающие пластину 3 со шкалой и осью маятника 4. Маятник 5, отклоняясь под действием силы тяжести груза, стремится занять вертикальное положение, зафиксировав угол φ_1 или φ_2 в зависимости от расположения в начале или конце участка. Относительный угол отклонения, который приходится фиксировать, составляет 0,001–0,002, поэтому для измерения отклонений следует использовать маятник длиной 2 м, а чтобы измерить отклонение конца маятника, это отклонение увеличивают в 10 раз и более с помощью рычага, который играет роль стрелки 6. Один конец стрелки закреплен на оси, установленный на

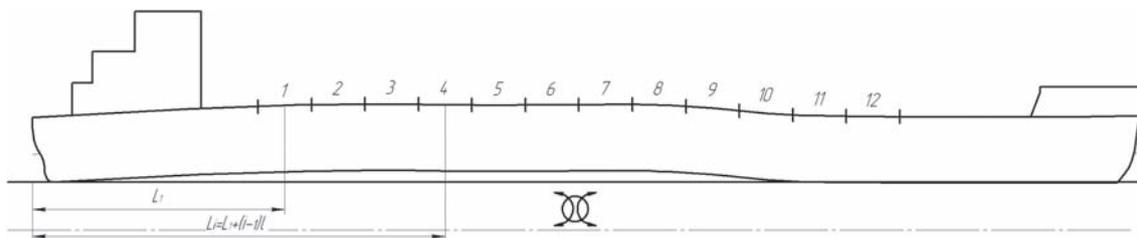


Рис 1. Участки измерения кривизны

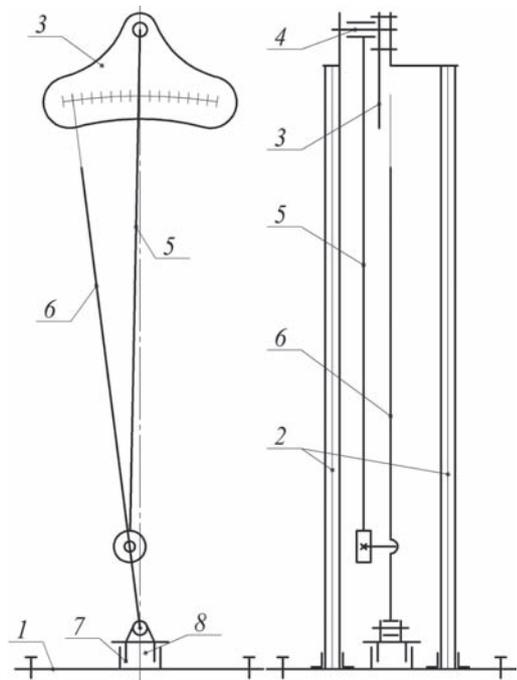


Рис. 3. Схема прибора для измерения изменения угла наклона поперечного сечения корпуса судна

подвижном стакане 8, который может перемещаться внутри неподвижного стакана 7 на плите 1. Конец стрелки будет показывать отклонение, увеличенное по сравнению с отклонением конца маятника пропорционально соотношению плеч рычага-стрелки. Прибор устанавливается на пересечении карлинга или продольного ребра жесткости с бимсом или полубимсом.

На описанное «Устройство для определения угла наклона» ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций имеет соответствующий патент.

Угол $\Delta\varphi$ определяется по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{b_1 - b_2}{r}, \quad (3)$$

где $b_1 = b'_1 \cdot k$, $b_2 = b'_2 \cdot k$ – отклонение конца маятника на уровне водила в начале и в конце участка соответственно; b'_1 , b'_2 – показания на шкале прибора в начале и в конце участка соответственно, мм; k – соотношение плеч рычага-стрелки относительно оси качания, закрепленной на подвижном стакане; r – длина маятника, расстояние от оси качания до водила, мм.

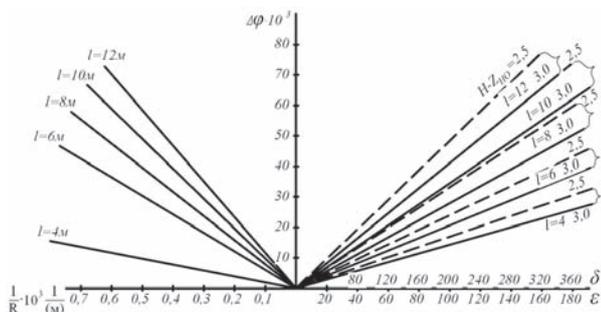


Рис. 4. Кривизна, остаточные относительные удлинения в зависимости от изменения угла поворота сечения $\Delta\varphi$

Для удобства пользования прибором предлагаем обратиться к графику (рис. 4), позволяющему определять кривизну на участке заданной длины и обойтись без расчета по (1). Подставив полученную кривизну на всех участках в (2), можно рассчитать ординату остаточной изогнутой оси в любом сечении, в том числе максимальную или на миделе.

Измерение угла поворота на каждом участке может быть выполнено с помощью нивелира. В этом случае измеряются расстояния от пробитой горизонтальной линии до палубы на

границе и в середине каждого участка h_i и $h_{i+0,5}$. Измеряемые и рассчитываемые величины показаны на рис. 5. Так как

$$\Delta h_i / l = \alpha = \Delta\varphi / 2 + \varphi_{i+1}, \quad (4)$$

где $\Delta h = h_i - h_{i-1}$ – разность между расстояниями от горизонтали в начале и в конце участка ($i+1$).

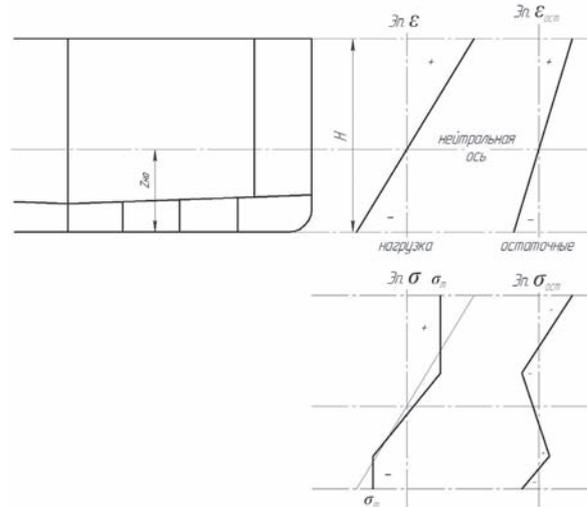


Рис. 5. Эпюры относительных деформаций и напряжений

Аналогично для середины участка будем иметь

$$\frac{\Delta h_{i+0,5}}{l/2} = \alpha = \frac{\Delta\varphi}{4} + \varphi_{i+1}, \quad (5)$$

где $\Delta h_{i+0,5} = h_{i+0,5} - h_{i+1}$ – разность между расстояниями от горизонтали в середине и в конце участка ($i+1$).

Исключив из выражений (4) и (5) угол φ_{i+1} , получим зависимость для изменения угла наклона поперечного сечения корпуса судна на участке длиной l :

$$\Delta\varphi = \frac{4(\Delta h_i - 2\Delta h_{i+0,5})}{l}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (1), получаем, что кривизна на участке ($i+1$) длиной l

$$c = \frac{4(\Delta h_i - 2\Delta h_{i+0,5})}{l^2}. \quad (7)$$

Уже отмечалось, что Δh_i много меньше l , поэтому можно считать, что $\Delta h_{i+0,5} = 0,5\Delta h_i - f$, где f – высота хорды дуги на участке длиной l . После подстановки данного выражения в (4) получим формулу для определения кривизны по высоте хорды

$$c = 8f/l^2. \quad (8)$$

Полученная в результате расчета остаточная изогнутая ось имеет вид прямолинейных отрезков, сопрягающихся между собой отрезками параболы второй степени. На участках корпуса, где в процессе эксплуатации и ремонта пластические деформации не происходили, будет отсутствовать изгиб, и, следовательно, не будет изменения угла поворота поперечного сечения при измерениях. На участках корпуса, где произошли пластические деформации, изменения угла поворота поперечного сечения обнаруживаются, на них появляется остаточная кривизна.

На практике остаточная изогнутая ось корпуса может аппроксимироваться параболой второй степени, дугой окружности и даже ломаной линией со сломом на миделе, у которых максимальная стрелка прогиба в средней части корпуса. Зависимость для дополнительного изгибающего момента в Правилах [1] имеет вид

$$\Delta M_{тв} = \pm 0,19 f_0 \delta B L^2, \quad (9)$$

где f_0 – остаточный прогиб / перегиб корпуса; σ – коэффициент общей полноты; B и L – ширина и длина судна, соответственно, м.

Учитывая отмеченное за нормируемый параметр изменения формы корпуса, можно принимать, как максимальную стрелку прогиба / перегиба по (2), так как стрелку прогиба на миделе, которые между собой отличаются мало.

Предлагаемые способы определения изменения угла поворота поперечного сечения позволяют находить не только

остаточную изогнутую ось, но и уровень остаточных деформаций в палубе.

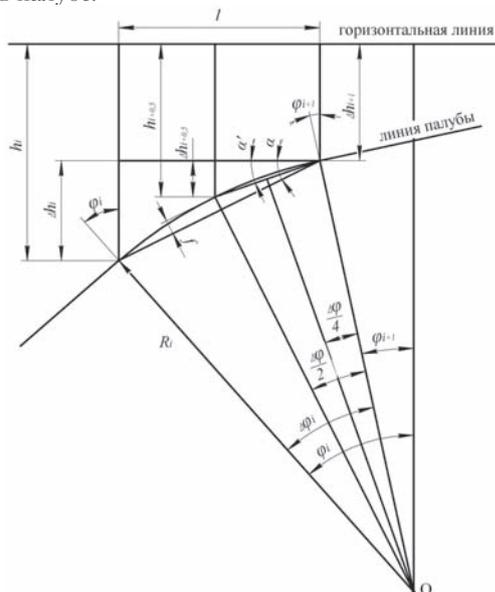


Рис.6. Схема измерения угла поворота поперечного сечения

На рис. 6 показаны эпюры относительных деформаций и напряжений. Относительные остаточные деформации на обследуемом участке палубы заданной длины l по рассчитанной на основании измерения изменения угла поворота сечения кривизне при соблюдении гипотезы плоских сечений определяются по известной из курса «Сопротивления материалов» формуле

$$\epsilon_{\text{ост}}^n = \frac{H - z_{\text{но}}}{R}, \quad (10)$$

где H – высота борта, м; $z_{\text{но}}$ – расстояние от основной плоскости до нейтрального слоя, м; $1/R$ – кривизна на заданном участке, $1/\text{м}$.

Остаточные относительные удлинения на заданном участке могут быть определены по графику на рис. 4, остаточные относительные удлинения в палубе могут быть пересчитаны на остаточные напряжения по формуле

$$\sigma_{\text{ост}}^n = E_0 \epsilon_{\text{ост}}^n, \quad (11)$$

где E – модуль упругости, МПа.

Рис. 6 показывает, что по изменению угла поворота поперечного сечения можно определить не только остаточные деформации палубы, но и относительные остаточные деформации днища:

$$\epsilon_{\text{ост}} = -z_{\text{но}}/R, \quad (12)$$

и остаточные напряжения сжатия в днище

$$\sigma_{\text{ост}}^y = E \epsilon_{\text{ост}}^g. \quad (13)$$

Обычно суда имеют остаточный перегиб, и в этом случае в палубе имеют место остаточные напряжения растяжения, уменьшающие коэффициент запаса на выносливость и прочность, и остаточные напряжения сжатия на днище, снижающие редуцированные коэффициенты пластин обшивки (в упругой стадии) и отрицательно влияющие на устойчивость продольных ребер жесткости [2]. При прогибе остаточные напряжения в крайних связях эквивалентного бруса меняют знак на противоположный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский Речной Регистр: Предложения по дополнению Правил РРР о порядке нормативного учёта остаточных общих деформаций корпуса при установлении требований к его прочности. Письмо № 07-09-460 от 19.02.2008.
2. Барышников С.О. Влияние остаточного общего перегиба и остаточных напряжений на общую прочность корпуса // Журнал СПГУВК. – 2010. – Вып II (VI). – С.58–67.
3. Барышников С.О., Карклина Т.О., Чистов В.Б. Способ определения остаточного продольного изгиба корпуса судна. – Заявка № 2010106960 от 24.02.2010 МПК(8) G01M5/00, B63B9/06/. ■

Проблема оценки технического состояния (ОТС) конструкций судна, подверженных только такому виду деградации, как коррозионный и механический (истирание) износ, остается актуальной. «Инструкцией по определению технического состояния, обновлению и ремонту корпусов морских судов» РМРС регламентируются требования к минимально допустимым остаточным значениям: толщин листов, размеров балок основного и рамного набора, характеристик поперечного сечения (моментов сопротивления) корпуса в средней части судна и за ее пределами. Для судов с одинарными бортами в районе грузовых трюмов, предназначенных для перевозки навалочных грузов, дополнительно устанавливаются требования к минимально допустимой остаточной толщине бортовой обшивки.

В данной статье оценка технического состояния конструкций рассмотрены на примере большого морского сухогрузного транспортного судна «Яуза», построенного в 1974 г. в Николаеве на класс Регистра. На сегодняшний день это судно обеспечения ВМФ. Его основные характеристики: длина наибольшая – 133,1 м; ширина – 18,9 м; дедвейт – 50 000 т.

В связи с принадлежностью судна к ВМФ продление срока службы судна рассматривается в соответствии с Положением

МЕТОДИКА ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ КОРПУСА СУДНА ПО ПРАВИЛАМ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА ЗСС НА ПРИМЕРЕ СУДНА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВМФ - БМСТ «ЯУЗА»

А.А. Бокатова, инженер-технолог ОАО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 571 4434,
e-mail n.bokatova@mail.ru

ДВИЕ.360090.001. В этом положении устанавливается, что продление полного срока службы кораблей осуществляется приказом главнокомандующего ВМФ на один год. Основанием для издания приказа служит «Решение о продлении срока службы». В случае продления срока службы корабля на срок более одного года решение об организации работ согласовывается с ЦКБ – проектантом корабля.

По техническому состоянию корпуса БМСТ «Яуза» срок службы может быть продлен больше, чем на один год. Было принято решение прибегнуть к методике продления срока службы корпуса судна по Правилам РМРС ЗСС.

Под обновлением корпуса, как это определено в разд. 6 «Указания по обновлению» Инструкции понимается комплекс мероприятий, проводимых судовладельцем и Регистром по подтверждению или восстановлению технического состояния корпуса до уровней, установленных Инструкцией.

Нормативы обновления корпуса для БМСТ «Яуза» разработаны для уровня обновления «ЗСС», определенного судовладельцем и согласованного с Регистром, требования к которому представлены в проекте новой редакции «Инструкции по определению технического состояния, обновлению и ремонту корпусов морских судов»*

Основная методологическая идея оценки технического состояния (ОТС) корпуса судна, которая базируется на принципе декомпозиции корпуса на конструкции (конструктивные элементы) различного иерархического уровня и соответствующей декомпозиции процесса ОТС. В соответствии с этим процесс ОТС декомпозируется на ОТС:

- элементов (листовых, балочных) – конструктивных элементов самого нижнего уровня декомпозиции корпуса;
- рамных балок – элементов конструкции более высокого уровня декомпозиции, в состав которых могут входить листовые и балочные элементы нижнего уровня декомпозиции;
- корпуса в целом (который описывается – моделируется несколькими поперечными сечениями) – верхний уровень декомпозиции процесса ОТС.

Процесс ОТС целесообразно организовать по принципу «снизу вверх», т.е. от элементов конструкций нижнего иерархического уровня до корпуса в целом. На каждом уровне процесса ОТС применяются свои модели конструкции (элементов конструкции) и рассматриваются свои требования к остаточным размерам конструктивных элементов. Организация процесса по принципу «снизу вверх» обуславливает последовательное усложнение моделей конструкции и в связи с этим последовательное увеличение необходимой исходной информации. Одновременно осуществляется корректировка значений минимальных допускаемых размеров элементов конструкции, при чем – только в большую сторону.

Практически такой методологический принцип ОТС сводится к определению допустимых остаточных размеров элементов конструкции для каждого уровня декомпозиции процесса ОТС и выборе на заключительном этапе большей величины.

Нормирование прочности конструкций корпуса судна невозможно без учета практики проектирования, постройки и эксплуатации, которая обобщается в требованиях Правил классификационных организаций. Классификационные организации допускают определенное снижение прочности конструктивных элементов в процессе эксплуатации судна без подкрепления конструкций и замены конструктивных элементов.

Допускаемые остаточные толщины определяются по отношению к толщинам, требуемым Правилами РМРС, ч. II «Корпус» издания 2007 г. и Правил 1995 г. в части требований к бортовому набору в районе ледового пояса.

В ходе работы была проведена дефектация корпуса БМСТ «Яуза», в результате которой были сделаны замеры остаточных толщин конструкций корпуса и выявлены части конструкций подлежащие замене.

На основании проведенной дефектации были проведены расчеты, по результатам которых признано, что корпус БМСТ «Яуза» *может быть подвергнут процедуре обновления на уровень ЗСС после замены всех элементов конструкции, перечисленных в отчете.* Для разработки проекта обновления корпуса судна были выполнены расчеты конструкций корпуса судна по требованиям Правил РМРС. На основе этих расчетов была

подготовлена информация о допускаемых толщинах листов и размерах балок набора для уровня обновления корпуса ЗСС.

Прогнозирование технического состояния корпуса судна. Методика прогнозирования износа конструкции на основе информации по предыдущей дефектации заключается в следующем.

Предположим, что на момент текущей оценки технического состояния корпуса судна его возраст составляет τ_0 лет. Средний износ рассматриваемой конструкции при этом составляет Δs , мм. Для прогнозирования технического состояния необходимо задать закон «деградации» конструкции по причине износа. Такой закон может быть получен по данным статистики или по фактическим замерам толщин. Для разных конструкций и различных условий ее работы (тип отсека, положение по высоте борта, трюма и т.д.) закон деградации будет своим. Практически форма закона может быть унифицированной (единой), но параметры, определяющие фактические значения износа, должны устанавливаться по фактическим результатам замеров средних толщин.

Могут быть предложены следующие законы изменения износа (рис.1):

- 1) с постоянной скоростью среднегодового уменьшения толщины связи;
- 2) с постоянной скоростью среднегодового уменьшения толщины связи, начиная с некоторого заданного значения возраста судна;
- 3) нелинейно изменяющийся во времени; по результатам обработки статистики (или по фактическим замерам толщин) могут быть подобраны параметры нелинейной функции (полином некоторой степени).

Практика показывает, что до 10–12 лет износ конструкции происходит медленно, так как антикоррозионные покрытия находятся в хорошем состоянии. В дальнейшем коррозионные разрушения начинают прогрессировать. Это соответствует зависимости 2, представленной на рис. 1. Зависимость 1 соответствует частному случаю зависимости 2 при $\tau_* = 0$. Средний износ по прогнозу в соответствии с законами 1 и 2 определяется общей зависимостью

$$\Delta s = \Delta s_* \frac{\tau - \tau_0}{\tau_* - \tau_0}, \quad (1)$$

где $\tau_0 = 12$ лет – принятое значение возраста судна, с момента которого начинается прогрессирование коррозионных разрушений.

Учитывая, что $\tau = \tau_* + \Delta\tau$, где $\Delta\tau = \tau - \tau_*$ – прогнозируемый период, по формуле (1) можно получить прогнозируемое среднее значение износа конструкции через $\Delta\tau$ лет после последней дефектации.

Если нелинейный закон «деградации» представить кубическим полиномом

$$\Delta s = a\tau^3 + b\tau^2 + c\tau + d,$$

то, полагая, что при $\tau = 0$ $\Delta s = 0$ и $\frac{d(\Delta s)}{d\tau} = 0$, при $\tau = \tau_*$ $\Delta s = \Delta s_*$, а при $\tau = T_{\max}$ $\frac{d(\Delta s)}{d\tau} = 0$, получаем $c = d = 0$ и соответствующую зависимость 3, представленную на рис.1. Форма этой зависимости может изменяться, если соответствующим образом выбирать условное значение T_{\max} , при котором производная $\frac{d(\Delta s)}{d\tau} = 0$. На рис. 2 представлена такая зависимость при $T_{\max} = 100$, а на рис. 3 – при $T_{\max} = 36$.

Может быть предложена любая другая форма закона «деградации» конструкции по причине износа. Так, на рис. 4 кривая 3 представляет собой квадратичную аппроксимацию этого закона:

$$\Delta s = a\tau^2 + b\tau + c$$

при $a = \frac{\Delta s_*}{(\tau_*^2 - \tau_0^2) - 2T_{\max}(\tau_* - \tau_0)}$; $b = -2aT_{\max}$; $c = -a\tau_0^2 - b\tau_0$; $\tau_* = 16$, а $\tau_0 = 12$ годам.

* Сб. нормативно-методических материалов РМРС. Кн. 15.

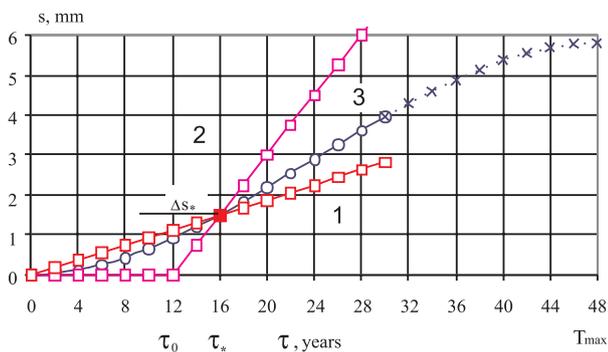


Рис. 1. Прогноз износа конструкции при $T_{\max} = 48$

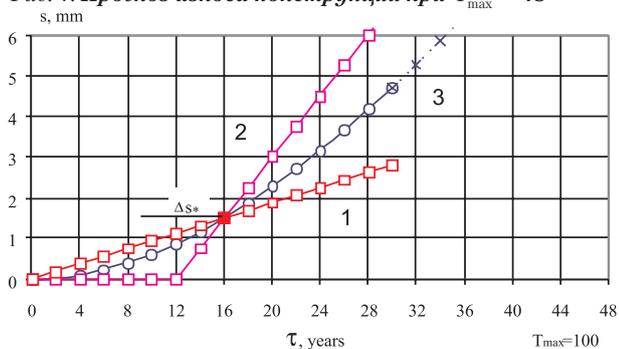


Рис. 2. Прогноз износа конструкции при $T_{\max} = 100$

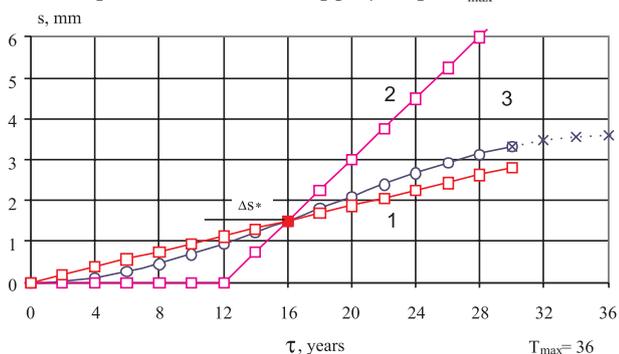


Рис. 3. Прогноз износа конструкции при $T_{\max} = 36$

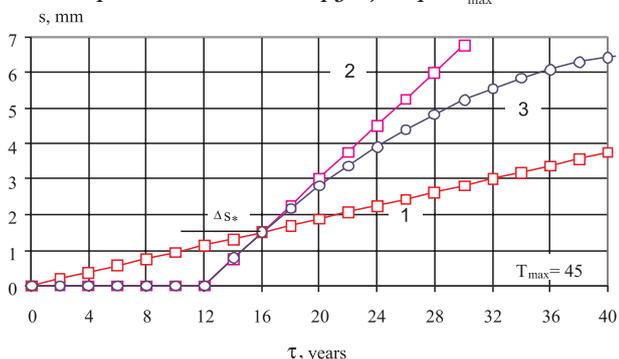


Рис. 4. Прогноз износа конструкции при $T_{\max} = 45$ (квадратичная аппроксимация 3 закона «деградации» конструкции)

Результаты прогнозирования. В Правилах Регистра 1990 г. при определении добавок на коррозионный износ применялся закон «деградации» конструкции по типу 1. В действующих Правилах 2007 г. принят закон 2.

Аналогичный подход (изменение износа по закону 2) предлагается применить для прогнозирования состояния элементов конструкций через 10 лет. Он приводит к необходимости удовлетворить наиболее жесткие требования. Для этого примем $\tau_0 = 12$ лет; $\tau_* = 34$ года – возраст рассматриваемого судна; $\Delta\tau = 10$ лет – прогнозируемый период; $\tau = \tau_* + \Delta\tau = 44$ года.

При таких исходных данных износ рассматриваемого элемента конструкции по состоянию на 44 года будет равен:

$$\Delta s = \Delta s_* \frac{\tau - \tau_0}{\tau_* - \tau_0} = \Delta s_* \frac{44 - 12}{34 - 12} = 1.4545 \Delta s_*, \quad (2)$$

где Δs_* – средний износ рассматриваемой конструкции по состоянию на 34 года (на момент последней дефектации).

Условие выполнения требований Инструкции для рассматриваемого судна через 10 лет можно записать в следующем виде:

$$\Delta s \leq \Delta s_{\max} = s_0 - [s], \quad (3)$$

где s_0 – построечная толщина рассматриваемого элемента конструкции (листа); $[s]$ – допускаемая толщина элемента конструкции по нормативам Инструкции для среднего износа.

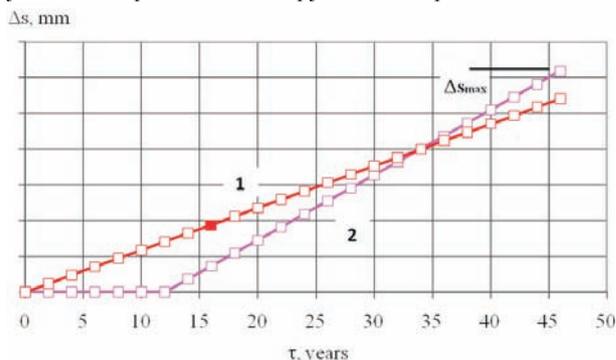


Рис. 5. Значение среднего износа рассматриваемой конструкции во времени

Расчеты показывают, что прогнозируемые значения толщин элементов конструкций корпуса судна БМСТ «Яуза» через 10 лет будут не менее допускаемых, согласно нормативам Инструкции и Правил классификационных освидетельствований РМРС.

Результаты расчетов показали, что требования к продольной прочности корпуса БМСТ «Яуза» при обновлении на уровень «3SS» обеспечиваются с большим запасом (ок. 80% на уровне главной (верхней) палубы и ок. 175% на уровне днища). Опираясь на расчеты, была применена методика продления срока службы 3SS, спрогнозировано состояние корпусных конструкций корпуса БМСТ «Яуза» через 10 лет. Все остаточные толщины корпусных конструкций через 10 лет будут отвечать требованиям Правил РМРС.

Таким образом, срок службы БМСТ «Яуза» можно продлить на 10 лет, выполнив все рекомендации по ремонту, сделанные в ходе всей работы.

Применение методики 3SS к кораблям ВМФ кардинально изменит подход к продлению полного срока их службы, что приведет к положительному экономическому результату.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по определению технического состояния, обновлению и ремонту корпусов морских судов // Правила классификационных освидетельствований судов. Приложение 2. – СПб.: Изд. РМРС, 2004.
2. Правила классификации и постройки морских судов. – Т. 1. – СПб.: Изд. РМРС, 2005, 482 с.
3. Максимаджи А.И., Беленький Л.М., Брикер А.С. Оценка технического состояния корпусов морских судов. – Л.: Судостроение, 1982. – 156 с.
4. Тряскин В.Н. Методические основы и опыт использования автоматизированной системы для проверки соответствия корпуса судна требованиям Правил Российского морского Регистра судоходства. – Труды конференции по строительной механике корабля, посвященной памяти П.Ф.Папковича, СПб., ЦНИИ им. А.Н.Крылова, 2002, с. 52–53.
5. «НК. Порядок продления межремонтных и полных сроков службы боевых надводных кораблей, боевых катеров, кораблей специального назначения, морских судов обеспечения, катеров и рейдовых судов обеспечения. Положение. ДВИЕ.360090.001» ■

На сегодняшний день во всем мире единственным крупным неиспользованным резервом нефти и газа остаются шельфовые месторождения. Для их освоения разрабатываются и используются современные технические средства, которые управляются людьми. Поэтому подготовка квалифицированного персонала крайне важна для обеспечения безаварийного проведения работ на шельфе.

Для эффективного обучения и переподготовки кадров необходимы полномасштабные тренажеры с устройствами управления, максимально приближенными к реальным системам управления имитируемых объектов. Согласно мировой практике, подготовку персонала эффективнее проводить с помощью индивидуальных средств обучения в рамках групп до 6–12 человек под управлением инструктора.

Тренажерное место обучаемого должно позволять проводить подготовку по основным системам объекта. В ходе разработки и совершенствования тренажерных систем впервые в практике тренажеростроения в рамках одного тренажера реализована концепция виртуального судна, которая позволяет описать поведение надводного объекта в полном объеме. Для реализации концепции виртуального судна создана единая система отображения информации, поступающей от единой математической модели, которая включает гидродинамическую модель судна, модель энергетической установки и общесудовых систем, модель посадки и остойчивости. Модель базируется на единых принципах решения систем входящих в нее уравнений.

Попытки создать модель виртуального судна предпринимались рядом исследователей при реализации интеграционных решений между тренажером энергетической установки, навигационным и грузобалластным тренажерами. Но подобные решения являются дорогостоящими и громоздкими, а согласованность параметров математических моделей при таком интеграционном решении всегда оставалась уязвимым местом, которое давало значительные ошибки в ходе совместных действий. Решению этой проблемы посвящена данная статья.

На примере тренажера полупогружной буровой установки рассмотрим примененные нами подходы моделирования в рамках концепции виртуального судна. Для объектов, использующихся при освоении континентального шельфа, модель тренажера должна включать в себя следующие составные части:

- гидродинамическую модель водоизмещающего самоходного объекта; в ее составе должны быть учтены воздействия якорных цепей и возможности позиционирования объекта для отработки навигационных навыков и навыков по планированию якорных операций;

СОЗДАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ, СВЯЗАННЫХ С ДОБЫЧЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Д.В. Казунин, канд. техн. наук, доцент, зам. руководителя СМБиТК ЗАО «Транзас Морские Технологии»,

О.В. Бутурлимов, аспирант ГМА им. адм. С.О. Макарова, **В.В. Рыбий**, менеджер ЗАО «Транзас Морские Технологии»,

Е.С. Ганс, канд. физ. наук, доцент, руководитель группы Учебного центра ООО «Газфлот»,

С.В. Маценко, канд. техн. наук, руководитель Учебного центра МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова,

А.П. Хвастунов, ведущий программист ЗАО «Транзас Морские Технологии», **Р.И. Смирнов**, студент ИТМО,

контакт. тел. (812) 325 31 31

- модель электростанции и энергетической установки объекта для отработки навыков по управлению энергопотреблением установки в условиях наложенных ограничений;

- гидравлическую модель трубопроводных систем объекта для отработки навыков работы с технологическими системами платформы с балластной системой, топливной системой, системой пресной воды, осушительной системой и другими, влияющими на посадку объекта;

- модель посадки и прочности конструкции водоизмещающего объекта для отработки навыков планирования операций по поддержанию платформы в мореходном состоянии.

Все перечисленные модели организованы и записаны в виде единой системы уравнений, которые решаются за один шаг по времени, исключая вычислительные ошибки при сопряжении различных систем объекта.

Коротко остановимся на основных программно-технологических решениях, принятых нами при построении составных частей модели виртуального судна на примере буровой платформы.

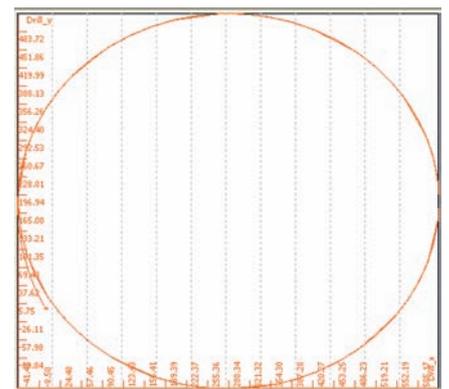
Гидродинамическая модель водоизмещающей платформы. Платформа включает четыре сдвоенные электроприводные лебедки с якорными цепями и якорями, а также четыре винторулевые колонки. Математическая модель, описывающая пространственное движение платформы, базируется на широко известном подходе, предложенном ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова на основе второго закона Ньютона для шестистепенного движения, для которого

коэффициенты уравнений дополнены экспериментально получаемыми полиномиальными зависимостями, настраиваемыми для конкретного типа платформы на основе ее морских испытаний (sea trails).

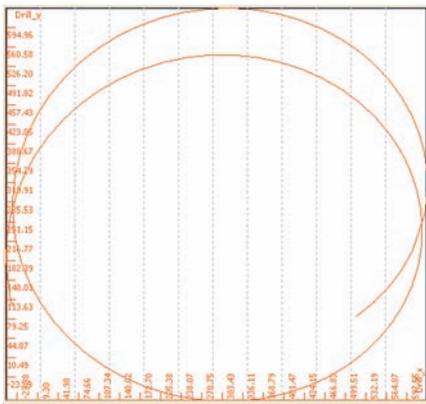
В основу возмущающих воздействий на платформу положены силы, действующие со стороны: винторулевых колонок; якорных цепей; внешних воздействий на платформу, таких как ветер, течение, волнение моря; сопротивления воды, зависящего от осадки платформы. Каждая из этих сил, за исключением сопротивления воды, входит в уравнение моментов, создавая вращательное усилие.

Математическая модель динамики платформы качественно совпадает с натурными испытаниями аналогичных объектов, что показывают нижеприведенные тесты.

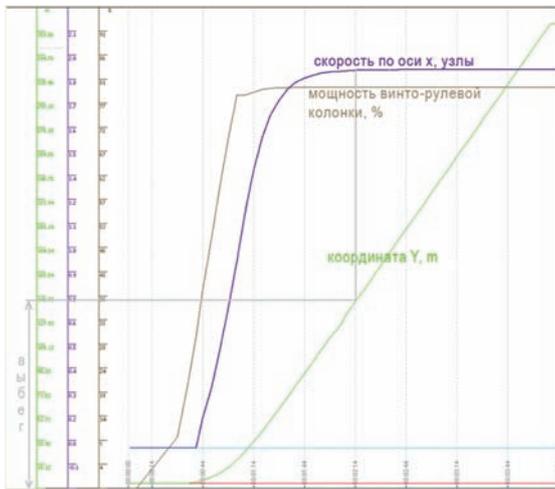
Тест 1 — циркуляция платформы. Кормовые винторулевые колонки включены на полную мощность (100 % мощности,



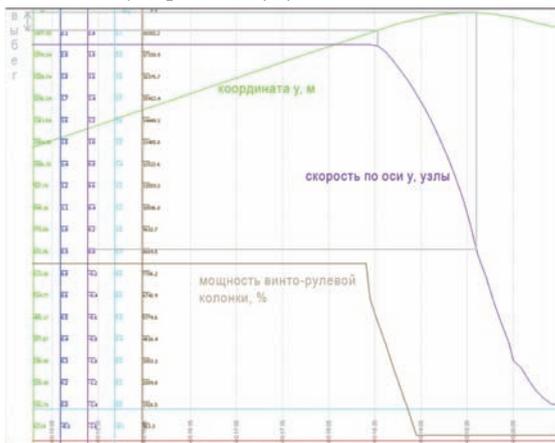
Циркуляция без внешних воздействий



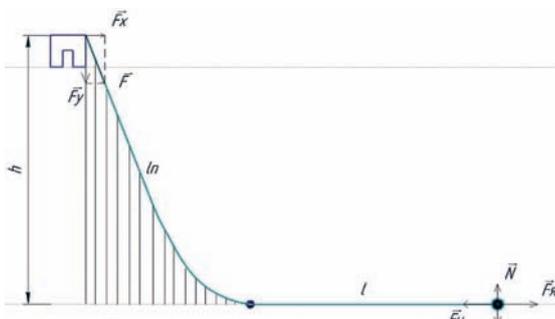
Циркуляция с ветром 20 м/с



Включение четырех винторулевых колонок на 80%-ной мощности, разгон – до 3.5 уз за 2,5 мин. (скорость, м/с), выбег – около 140 м



Изменение мощности винторулевых колонок с 80% на -80%, торможение до 0 за 1,5 мин., выбег – порядка 100 м.



К расчету силы якорного зацепления

что соответствует тяге 200 кН), углы перекладки – 30° на правый борт. Приведенные графики показывают траекторию движения платформы.

Тест 2 – разгон и торможение платформы.

Приведенные графики наглядно показывают, что тяга винторулевых колонок зависит от скорости, а принятые в модели допущения по коэффициентам полиномиальных зависимостей выполнены корректным образом.

При расчете силы якорного зацепления учитываются тип грунта морского дна и вид якоря, калибр цепи. Вычисляются траектория, по которой

происходит залегание якорной цепи на дне и в толще воды, координаты якоря и усилия на разрыв. Модуль и направление сил, действующих на якорь со стороны цепи и на платформу, находят из формы провисания цепи, условий залегания на дне и состояния якоря.

При выполнении расчета записывается второй закон Ньютона для якоря, находящегося на грунте, где $F_{я}$ – сила со стороны цепи; якорь создает удерживающую силу вида $F_{я} = kP_{я} + fP_{ц}$, где $P_{я}$ и $P_{ц}$ – вес якоря и вес цепи; k – коэффициент, определяющийся по типу якоря; f – коэффициент трения якорной цепи о грунт, зависит от типа грунта.

Для нахождения веса цепи определяются точки контакта цепи с грунтом на основе предположения о провисании цепи в форме параболы и прямолинейно-сосредоточенной укладке цепи на грунте. Вес самой цепи определяется на основе теории тяжести нитей, где для глубины h при длине провисающей части цепи l_n горизонтальная составляющая силы натяжения нити $F_x \sim f(h, l_n)$, а вертикальная составляющая силы натяжения нити для калибра цепи d определяется, исходя из массы цепи в воде $F_y = 0,18d^2 l_n$. По составляющим рассчитывается полная сила натяжения цепи.

Дополнительно модель тренажера позволяет описать работу объекта с учетом работы системы динамического позиционирования. Система управления определяет суммарное внешнее воздействие на платформу, оценивая

ет необходимые для компенсации воздействия по осям X и Y и вращающий момент, необходимый для разворота на заданный курс. Затем распределяет необходимые для удержания усилия по винторулевым колонкам платформы. В процессе моделирования используется диаграмма соответствия возможностей винторулевых колонок и внешнего воздействия на платформу для оценки способности колонок удержать ее в заданной точке.

Модель электростанции буровой платформы. Для имитационного моделирования электростанции место обычного подхода, связанного с поворотом векторов переменных электросети в комплексной плоскости, было использовано интегрирование по времени всех высокочастотных колебаний сети переменного тока, что позволило использовать разработанные нами ранее графовые алгоритмы, а также стандартные методы расчета, применяемые для гидравлической сети.

Был построен граф связей, полностью соответствующий электрической схеме трехфазной электростанции. Ребра построенного графа представляют собой элементы электростанции: генераторы переменного тока, потребители, представляющие собой активные сопротивления и индуктивные сопротивления переменной мощности, ключи.

Для вершин графа выполняется закон Кирхгофа о равенстве суммы токов по всем приходящим в вершину ребрам. Ребра графа описываются следующими уравнениями:

1) потребители, представляющие собой активное сопротивление, описываются законом Ома

$$U_1 - U_2 - RI = 0,$$

где U_1 и U_2 – потенциалы в вершинах, прилегающих к ребру; R – электрическое сопротивление в ребре; I – сила тока;

2) замкнутый ключ представляет собой аналогичное (выше приведенному) сопротивление; в случае, если ключ разомкнут – уравнение заменяется на $I = 0$;

3) индуктивное сопротивление переменной мощности описывается формулой вида

$$U_1 - U_2 - R_1 \frac{I_n - I_{n-1}}{dt} - R_2 I_n = 0,$$

где U_1 и U_2 – потенциалы в вершинах, прилегающих к ребру; R_1 и R_2 – коэффициенты, показывающие изменение мощности и сдвиг фазы тока на каждом временном шаге (R_1 – индуктивное сопротивление; R_2 – неиндуктивное), I_n и I_{n-1} – токи в ребре на текущем и предыдущем временных шагах модели.

4) для описания генератора переменного тока было выбрано уравнение

$$U_1 - U_2 - I \frac{2U_{nom}}{4I_{nom}} - 2K_{Rot} U_{nom} \sin F = 0,$$

где U_1 и U_2 – потенциалы в вершинах, прилегающих к ребру; $I_{ном}$ и $U_{ном}$ – номинальные параметры генератора; F – угол поворота ротора генератора на этом временном шаге; K_{Rot} – коэффициент оборотов генератора (линейно зависит от оборотов и равен 1 при номинальных оборотах).

На каждом временном шаге также решаем уравнение, описывающее динамику ротора генератора

$$I \frac{dw}{dt} = M_{DisPow} - M_{tor} - M_{EiTor},$$

где M_{DisPow} – крутящий момент дизеля; M_{tor} – момент механических потерь; M_{EiTor} – тормозящий момент электромагнитного поля генератора.

Таким образом, для текущего временного шага из угловой скорости мы получаем угол положения ротора для уравнения ребра генератора.

Далее система уравнений, записанных для ребер и вершин графа, последовательно решаем для каждого следующего временного шага. Интегральные значения токов, напряжения и мощности в необходимых точках получаем путем интегрирования результатов методом Симпсона за последние четыре фазы. Размер временного шага выбирается таким образом, чтобы погрешность интегрального значения напряжения была менее 1 %.



Графики изменения мощности и количества оборотов генератора в моменты, достаточно хорошо характеризующие модель в целом

Гидравлическая модель трубопроводных систем. Подход к моделированию гидравлических сетей построен на принципах электрогидравлических аналогий. Модель строится на основе законов сохранения массы,

импульса и энергии. Течение в трубах для дискрета времени 1,5 и 25 с. описывается стационарным одномерным потоком вязкой несжимаемой многокомпонентной жидкости, квазистационарность вносится в систему с помощью меняющихся параметров граничных объемов и энергоизменяющимися характеристиками гидравлической сети.

В рамках одного «бесконечного» выражения предусмотрено заполнение и опорожнение труб и танков, а также возможно течение жидкости и газа по одной и той же трубе.

Решение задачи имитирования разветвленной гидравлической сети сложной топологии основывается на известных принципах решения сетевой задачи, для которой необходимо задать функции проводимости элементов сети таким образом, чтобы они были пригодны для использования графовых алгоритмов, позволяющих решать около 2400 предварительно подготовленных уравнений в режиме реального времени ($t_{max} \sim 0,5$ с). Используемое решение широко описано в наших более ранних работах.

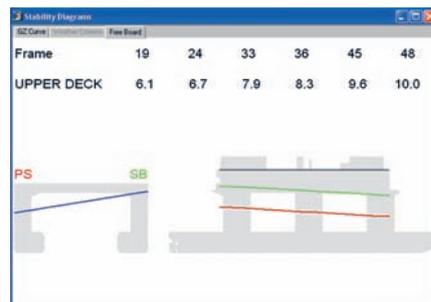
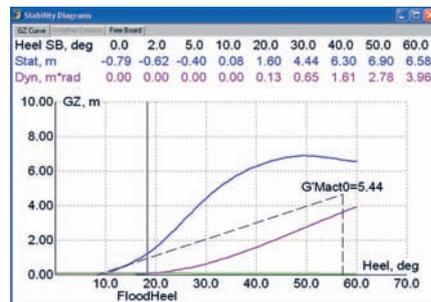
Модель посадки и прочности конструкции водоизмещающего объекта.

Для описания динамической посадки объектов с учетом внешних воздействий применяется подход разработанный совместно с преподавателем ВГАВТ проф. В.М. Шамаковым. В основе этого подхода лежит расчет нагрузок от волн малой высоты в соответствии с линейной дифракционной теорией, которые совмещены с ранее описанным гидродинамическим расчетом водоизмещающей модели судна. Для этого смоченная поверхность объекта разбивается на панели и с помощью концентрации пространственных источников излучения, задача сводится к вычислению плотности воздействия этих источников на поверхность. В результате расчетов гидродинамическое давление в произвольной точке смоченной поверхности вычисляется как

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t},$$

где $\Phi(x, y, z, t)$ – потенциальная функция; ρ – массовая плотность воды.

Для расчета статической посадки применяется модуль водоизмещающего объекта, реализованный в виде программы Load Control System (LCS), включенной в тренажер в виде отдельной сетевой задачи, используемой для отображения расчетной информации и решения задач планирования посадки объекта. Программа учитывает данные о форме корпуса судна, расположении и загрузке всех танков платформы и грузов на палубе, и на их основе вычисляет посадку



и параметры остойчивости платформы на спокойной воде. Результаты расчета параметров представляются в виде диаграммы остойчивости, показывающей зависимость восстанавливающего усилия от угла наклоения, и диаграммы свободного борта.

При отработке морских операций с участием различных категорий обучающихся необходимо изучить статику и динамику различных систем объекта и добиться понимания существующих ограничений технических средств, определяющих условия безопасной эксплуатации объектов. Именно этим задачам служит разработанная нами математическая модель.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе использования описанных методов моделирования в составе единой математической модели виртуального судна, реализованного для полупогружной буровой платформы, удается смоделировать поведение самых различных морских плавучих объектов, находящихся в различных режимах эксплуатации на континентальном шельфе при разных внешних воздействиях. Описанная в статье комплексная модель включает гидродинамическую модель водоизмещающего судна, модель энергетической установки и гидравлических систем, а также модель посадки и прочности конструкции водоизмещающего объекта, которые объединены в рамках единой системы уравнений и совместно решаются в рамках одного шага по времени. Созданная модель позволяет подготовить основных специалистов буровой установки к повседневной эксплуатации и эксплуатации в аварийных ситуациях. ■

Математическая модель любой реальной технической системы представляет собой сложную многоуровневую систему. Особенность подобных моделей заключается в том, что значительная часть информации, необходимой для их математического описания, существует в форме представлений или пожеланий экспертов. Кроме того, все реальные технические системы являются многоцелевыми. Каждая такая система имеет глобальную цель создания, причем каждый объект системы имеет собственную цель. Разрабатывая многоцелевую концепцию реальной системы, необходимо представить ее математическую модель как семейство частных математических моделей, каждая из которых моделирует определенную задачу. При такой постановке задачи можно менять глобальный критерий оптимизации, так как при формировании программы функционирования системы на макроуровне может быть выдвинут один критерий оптимальности, а при оптимизации проектирования системы на микроуровне – другой.

Реальное судно представляет собой многоуровневую и многокритериальную модель. С проектной точки зрения многокритериальная постановка чрезвычайно привлекательна. Это объясняется тем, что при оптимизации относительно каждой из участвующих в задаче целевых функций образуется ряд вариантов корабля, оптимальных для частных целей и отличных друг от друга. Полученные в результате технические характеристики системы будут в некоторой степени удовлетворять каждой из рассмотренной целей, но в полной мере – ни одной из них [1]. Если представить корабль как единое целое и всякой его части поставить в соответствие частную целевую функцию, то в этом случае решением многокритериальной задачи оптимизации будет ответ на основной вопрос проектирования: какой должна быть мера компромисса между отдельными частями корабля, интересы которых различны? Эта дилемма разрешена путем введения понятия «нечеткого оптимального решения». В этом случае не нужно прибегать к уступкам и сверткам частных критериев, что приводит к огрублению результатов. Для анализа и исследования систем данного типа потребовалось создание нового математического аппарата, позволяющего формально описывать нечеткие понятия, которыми оперирует человек, описывая свои желания, цели и представления о системе. Постараемся на простом примере выбора главного двигателя малооборотного дизеля с прямой передачей на винт из каталога продемонстрировать

ОПИСАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТА МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ «СУДНО» НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Т.Г. Артюшина, канд. техн. наук, доцент Плехановской академии, г. Москва, контакт. тел. +7 915 1304705

работу математического аппарата, использующего терминологию нечетких множеств.

Все двигатели, содержащиеся в каталогах, сгруппированы по частотам вращения вала отбора мощности. Внутри группы с одинаковой частотой вращения двигатели упорядочены по возрастанию мощности. Классический подход предполагает единственное решение целевой функции при наборе ограничений [2]. К примеру, после расчета потребной мощности на один винт (при двухвальной установке мощность распределяется между валами поровну) подбирается ближайший, превышающий эту мощность, дизель из каждого семейства, для которого рассчитываются характеристики винта и общий пропульсивный коэффициент. В итоге отбирается один двигатель минимально необходимой мощности. В случае стоимостной целевой функции и набора ограничений (требуемой мощности и т.п.) также в результате решения данной задачи получается один двигатель.

Недостатки классического подхода – выбран один вариант, оптимальный по целевой функции, но необязательно оптимальный с точки зрения остальных параметров (хотя он и укладывается в ограничения). К примеру, он может быть неоптимальным (хотя и укладываемым в заданные ограничения): по весу, размеру; с точки зрения экологии (выбросы отравляющих веществ и т.п.); с других точек зрения.

Все эти недостатки будут выявлены позже, после пересчета целевых функций и ограничений других систем. В лучшем случае (к примеру, неудачные размеры

выбранного двигателя ведут к неудачной компоновке) будут пересчитаны ограничения для системы, и весь расчет придется выполнять заново (процедура последовательного согласования параметров). В худшем случае систему не будут согласовывать, неудачно выбранный двигатель приведет к неоптимальной компоновке и в итоге к неудачному проекту судна (процедура согласования решений в данном случае отсутствует, решение считается согласованным автоматически при соответствии решения заданным ограничениям).

Иными словами, по второстепенным параметрам решение неоптимизировано и не может быть изменено. Все разговоры о дальнейшей оптимизации других параметров (кроме основного критерия) – пустой звук.

Если мы действительно хотим оптимизировать решение не по одному единственному критерию, то необходимо на данном этапе расширить множество возможных полученных вариантов (рассчитать несколько двигателей). Однако в терминах четкой логики это сложно. Выходом в данной ситуации может послужить использование теории нечетких множеств, расширяющее множество вариантов решения задачи выбора двигателя (рис. 1).

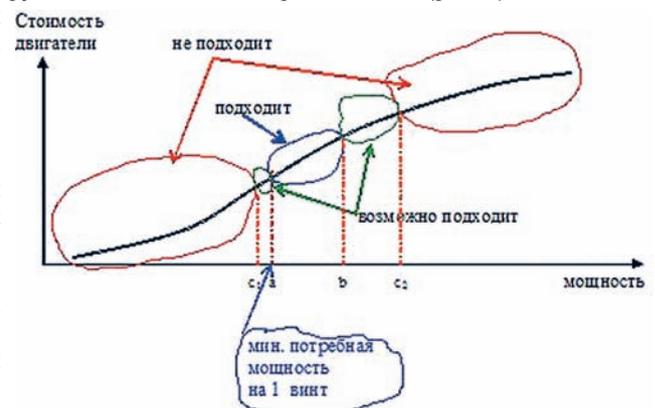


Рис. 1. Выбор вариантов двигателя с использованием теории нечетких множеств

Функция принадлежности $\mu_{\text{двиг}}(x) \in [0,1]$ ставит в соответствие каждому двигателю x число из интервала $[0,1]$, характеризующее степень его принадлежности к подмножеству D эффективных и допустимых решений. Математическое описание зависимости без расширения количества критериев (только мощность x) может выглядеть так :

$$\mu_{\text{двиг}}(x, a, b, c_1, c_2) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < c_1 \text{ или } x > c_2; \\ 1, & \text{если } a < x < b; \\ 1 - \frac{x-a}{a}, & \text{если } b \leq x \leq c_2; \\ 1 - k \frac{a-x}{a}, & \text{если } c_1 \leq x \leq a. \end{cases} \quad (1)$$

Первая строка соответствует состоянию «не подходит», вторая строка – состоянию «подходит», третья и четвертые описывают области «возможно подходит». Коэффициент k четвертой строки – «штрафной» коэффициент недостатка мощности.

Пример: a = минимальная мощность на винт (рассчитывается системой верхнего уровня).

Тогда $b=1.1 \cdot a$, $c_1 = 0.95 \cdot a$, $c_2 = 1.3 \cdot a$, $k = 10$.

В данном случае двигатель минимальной мощности (двиг. 1) и двигатель с мощностью, большей минимальной на 8% (двиг. 2) будут иметь $\mu_{\text{двиг}} = 1$ (подходит), двигатель с мощностью, большей минимальной на 25% (двиг.3) будет иметь $\mu_{\text{двиг}} = 0.75$ (возможно подходит), двигатель с мощностью, меньшей минимальной на 5% (двиг.4) будет иметь $\mu_{\text{двиг}} = 0.5$ (возможно подходит).

Матрица $\mu_{\text{двиг}}$ будет иметь вид

$$\mu_{\text{двиг}}(1,2,3,4) = [1, 1, 0.75, 0.5].$$

На рис. 2 показан алгоритм работы одного объекта многоуровневой иерархической системы. Процедура соединения объектов в многоуровневой иерархической системе может быть сведена к некоторой рекуррентной процедуре.

Раньше для оптимизации в многоуровневых системах в основном использовались различные итеративные методы, так как для нахождения решений нижнего уровня, все решения верхнего уже были найдены. В нашем способе применяется метод инвариантного погружения, т.е. будут рассматриваться задачи с нечетким решением [3]. Это позволяет применить для решения задачи аппарат теории нечетких множеств. Как уже говорилось выше, в качестве характеристики принимаемых решений по отдельным подсистемам и для всей системы в целом будем использовать функцию принадлежности принимаемых решений к подмножеству допустимых и скоординированных решений $\mu_D(x_N)$, где N – количество

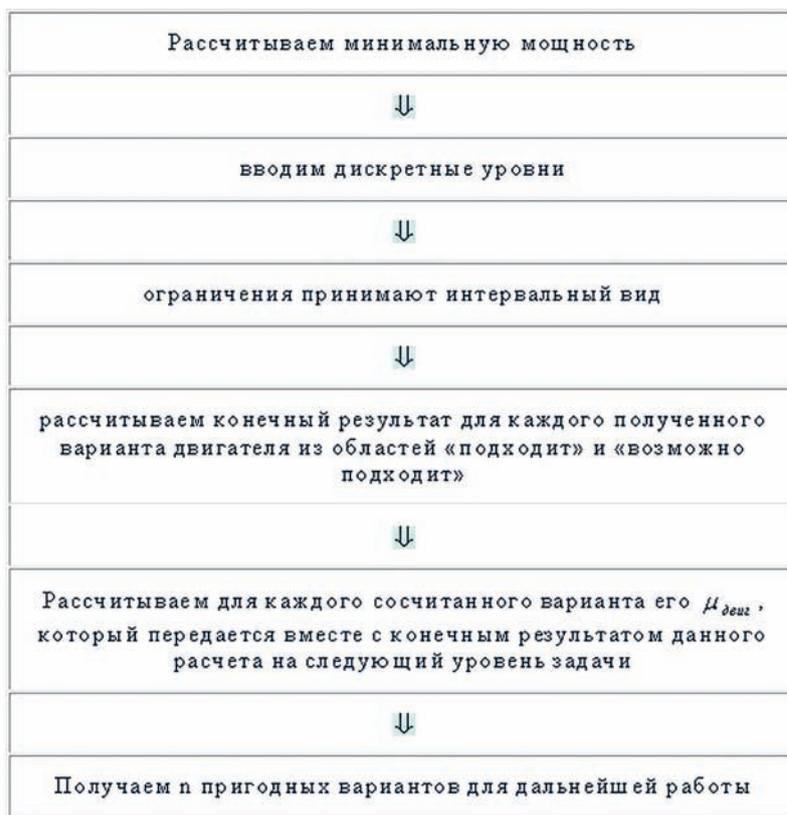


Рис. 2. Алгоритм работы программы

уровней подсистемы. Данная функция включает в себя не только характеристику эффективности решения, но и характеристику его допустимости (степень принадлежности решения x_N к подмножеству допустимых режимов C) и скоординированности с целями и ограничениями нижестоящих подсистем (степень принадлежности решения x_N к подмножеству скоординированных режимов K). Функции принадлежности определяются на множестве решений $X = \{x_{ij}\}$. Эффективность решений задается нечеткой целью $G \subset X$ с функцией принадлежности $\mu_G(x_{ij})$, допустимость решений – нечетким подмножеством $C \subset X$ с функцией принадлежности $\mu_C(x_{ij})$ и скоординированность – нечетким множеством $K \subset X$ с функцией принадлежности $\mu_K(x_{ij})$. Результирующее влияние нечеткой цели G , нечеткого ограничения C и нечеткой координации K на выбор решения x_{ij} может быть представлено пересечением $G \cap C \cap K$. Функция принадлежности для пересечения задается соотношением

$$\mu_D = \mu_G(x_{ij}) \wedge \mu_C(x_{ij}) \wedge \mu_K(x_{ij}) = \min\{\mu_G(x_{ij}), \mu_C(x_{ij}), \mu_K(x_{ij})\}. \quad (2)$$

Тогда нечеткое подмножество D будем называть нечетким решением i -й подсистемы j -го уровня, причем

$$\mu_D = \mu_{G \cap C \cap K}(x_{ij}), \quad (3)$$

Вернемся к предыдущему примеру по выбору двигателя. Итак, мы получили n вариантов, каждый со своим

$\mu_{\text{двиг}}$. Передаем варианты (вместе с $\mu_{\text{двиг}}$) в следующий блок – «Процедура расстановки главных водонепроницаемых переборок». Рассматривая эту процедуру расстановки переборок аналогично предыдущей (вводя нечеткие критерии, к примеру, «соответствует требованиям аварийной посадки»), получим несколько вариантов расстановок переборок для каждого двигателя со своими $\mu_{\text{перебор}}$. Матрица $\mu_{\text{перебор}}$ будет в общем случае иметь неравномерный вид (к примеру, для первого двигателя мы получим три варианта переборок с $\mu_{\text{перебор,двиг1}} = 1; 1; 0,7$ соответственно, для второго двигателя – пять вариантов с $\mu_{\text{перебор,двиг2}} = 1; 1; 1; 0,7; 0,5$ соответственно, для третьего и четвертого – по два варианта переборок $\mu_{\text{перебор,двиг3}} = 0,9; 0,7$ и $\mu_{\text{перебор,двиг4}} = 0,7; 0,6$):

$$\mu_{\text{перебор}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,7 \\ 1 & 1 & 1 & 0,7 & 0,5 \\ 0,9 & 0,7 \\ 0,7 & 0,6 \end{bmatrix}.$$

Каждая строка описывает допустимые значения с точки зрения аварийности посадки для одного двигателя. Данную нерегулярную матрицу легко привести в регулярный вид путем добавления незначущих 0 (недопустимых решений):

$$\mu_{\text{перебор}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,7 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,7 & 0,5 \\ 0,9 & 0,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0,6 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Тогда итоговая матрица для системы «подходящий двигатель+переборки, соответствующие требованиям аварийной посадки», рассчитываемая по формуле $\mu_{\text{системы}} = \mu_{\text{двиг}} \wedge \mu_{\text{переборк}}$ будет выглядеть следующим образом:

$$\mu_{\text{системы}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,7 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,7 & 0,5 \\ 0,75 & 0,7 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

После того как получены все варианты, необходимо еще раз проверить их соответствие граничным условиям (пересчитать, к примеру, скорость на основании выбранного двигателя, установленных переборок и т.п., так как первоначальный расчет мощности двигателя брался «по образцу», такой расчет не может гарантировать необходимую точность). Таким образом, осуществляется обратная передача данных на нижележащие уровни и пересчет параметров. Решения, не удовлетворяющие заданным критериям, отбрасываются. В данном примере мы рассмотрели работу двух объектов одного уровня.

Решение для подсистемы r на уровне $(i+1)$ может быть связано с решением подсистем i -го уровня уравнением [4]

$$x_{(i+1)r} = f(x_{i1}, \dots, x_{iM}), \quad (4)$$

где M – число подсистем на i -м уровне.

В случае, когда множество решений X состоит только из одного параметра, уравнение может быть записано в виде

$$x_{(i+1)r} = \sum_{j=1}^M x_{ij}. \quad (5)$$

Решения могут быть более сложными и характеризоваться вектором параметров x_{ij} . Системное скоординированное решение на уровне N определяется выражением

$$D(x_N) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \cdot D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{(N-1)1}) \cdot \dots \cdot D(x_{(N-1)M}) \cap C(x_N) \cap G(x_N). \quad (6)$$

Вследствие инвариантности введенного описания по уровням системы из (6) следует, что

$$D(x_{ij}) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \cdot D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{(i-1)1}) \cdot \dots \cdot D(x_{(i-1)M}) \cap C(x_{ij}) \cap G(x_{ij}); \quad (7)$$

$$D(x_{(i+1)r}) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \cdot D(x_{2M}) \cdot \dots \cdot D(x_{i1}) \cdot \dots \cdot D(x_{iM}) \cap C(x_{(i+1)r}) \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (8)$$

Так как в иерархической структуре решение на i -м уровне управления зависит только от состояния на этом уровне и решений, принимаемых вышестоящим $(i+1)$ -м и нижестоящим $(i-1)$ -м уровнями управления (что обусловлено самим

принципом принятия решений в иерархических системах). Тогда (8) можно записать короче через нечеткие решения нижестоящего уровня:

$$D(x_{(i+1)r}) = [D(x_{i1}) \cdot \dots \cdot D(x_{iM})] \cap C(x_{(i+1)r}) \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (9)$$

Причем для принятия решения управляющая подсистема r уровня $(i+1)$ должна предварительно свернуть решения нижестоящих подсистем $D(x_{i1}), \dots, D(x_{iM})$ в системное решение $D(x_{i1}, \dots, x_{iM})$. Тогда (9) можно записать в виде

$$D(x_{(i+1)r}) = D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) \cap C(x_{(i+1)r}) \cap G(x_{(i+1)r}). \quad (10)$$

Следовательно, для функций принадлежности рассматриваемого подмножества эффективных и допустимых решений уравнение (10) приобретает вид

$$\mu_D(x_{(i+1)r}) = \mu_D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) \otimes \mu_C(x_{(i+1)r}) \otimes \mu_G(x_{(i+1)r}), \quad (11)$$

$$\text{где } \mu_D(x_{i1}, \dots, x_{iM}) = \mu_D(x_{i1}) \otimes \dots \otimes \mu_D(x_{iM}). \quad (12)$$

Бинарная операция над функциями принадлежности может быть в каждом конкретном случае произведением или сложением. Функция принадлежности $\mu_D(x_{i1}, \dots, x_{iM})$ характеризует согласно (2), межуровневую координацию K .

$$\mu_K(x_{(i+1)r}) = \mu_D\left(\sum_{j=1}^M x_{ij}\right). \quad (13)$$

Уравнение (13) показывает, что решение вышестоящего уровня может быть выполнено с помощью различных решений нижестоящих подсистем. При прочих равных условиях, работа подсистемы r уровня $(i+1)$ будет наиболее эффективной в случае, когда каждая подсистема j уровня i будет принимать оптимальные решения (максимизируя свою функцию принадлежности).

$$\mu_K\left(\sum_{j=1}^M x_{ij}\right) = \max_{\{x_{ij}\}} [\mu_D(x_{i1}) \otimes \dots \otimes \mu_D(x_{iM})]. \quad (14)$$

Однако при наличии взаимосвязи подсистем i уровня возникает естественная необходимость координации решений подсистем, исходя из целевой функции и моделей, описывающих эту систему.

Как уже говорилось выше, решения нижестоящих j объектов уровня i описываются функциями принадлежности $\mu_D(x_{ij}), i=1, N, j=1, M$, а решение задачи вышестоящих элементов объектов r уровня $(i+1)$ по координированию решений нижестоящих подсистем – функцией принадлежности $\mu_K(x_{(i+1)r})$. Отсюда следует, что задачи, решаемые ниже-

стоящими элементами, координируемы между собой, если справедливо следующее предложение:

$$(\forall j)(\exists x_{(i+1)r})[\mu_D(x_{ij}) \neq 0 \wedge \mu_K(x_{(i+1)r}) \neq 0]. \quad (15)$$

Следовательно, координируемость задач между собой требует, чтобы эта задача имела решение хотя бы при одном $x_{(i+1)r}$ и для этого решения множество частных задач D , решаемых нижестоящими элементами, также имело решение. Кроме того, задачи, которые будут решаться нижестоящими элементами, координируемы относительно заданной глобальной цели G уровня $(i+1)$.

Таким образом, использование языка теории нечетких множеств совместно с теорией иерархических многоуровневых систем в качестве метаязыка позволяет правильно отобразить основные свойства исходной системы и упростить процесс ее анализа. Возможности обычного метода оптимизации после принятия решения по управлению иерархической системой исчерпываются. Предлагаемый же подход позволяет продолжать работу с моделью и принимать решения по дальнейшему совершенствованию системы. Причем данный метод позволяет произвести многоцелевую оценку каждого параметра, более просто и менее трудоемко получить оптимальное решение. При решении задачи, сформулированной в терминах нечетких множеств, нет необходимости точно задавать все границы принимаемых решений. Функции принадлежности первоначально лишь грубо задают систему предпочтений и ограничений, допуская дальнейшее уточнение значений функции лишь в районе предполагаемой точки оптимума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюшина Т.Г., Гайкович А.И. Проблема повышения эффективности проектирования судов на исследовательских стадиях с использованием САПР // Судостроение. – 2007. №5. – С. 11–14.
2. Царев Б.А. Особенности проектной оптимизации судов с доминирующими функциональными подсистемами. – Тр. ЛКИ «Проектирование морских судов и плавучих технических средств», 1987, с. 41–46.
3. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. – Vol.8. – P. 338–353.
4. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях - В сб.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С.172–215. ■

Повторное использование данных для создания технической документации позволяет значительно повысить производительность компаний. В данной статье мы расскажем о том, на что компаниям необходимо обратить внимание, если они хотят перестраивать (реструктурировать) свои процессы и переносить готовые 3D CAD иллюстрации непосредственно в пользовательскую документацию.

Старинная поговорка: «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать» – используется практически в каждой статье, рассказывающей о возможностях технических иллюстраций. И это действительно так: важность иллюстраций в технической документации сложно переоценить. Тем не менее компании, выпускающие технические руководства к своим изделиям и сопровождающие техническими иллюстрациями, до сих пор очень часто вынуждены принимать бизнес-решения, которые значительно усложняют процессы. Технические иллюстрации становятся все более значимыми, однако у руководителей производственных компаний все еще очень много вопросов в связи с процессом внедрения 3D-иллюстраций в руководства по эксплуатации, в их числе: сколько иллюстраций должно быть в инструкции, не слишком ли это дорогостоящий и долгий процесс, целесообразно ли заменять описание процессов иллюстрациями и поможет ли этот метод сократить расходы на перевод, какие инструменты нужны для создания графики.

Попробуем ответить на многие из поставленных вопросов, а также рассказать о целесообразности и эффективности использования современного подхода к созданию технических иллюстраций.

Зачем нужны технические иллюстрации? Технические иллюстрации могут иметь разнообразные стилистические особенности и формы представления, что позволяет не только отобразить практически любой процесс, но и сделать его более доступным и понятным для пользователя. Сосредотачиваясь лишь на существенных элементах графики, потребитель получает информацию о наиболее важных характеристиках продукта. К примеру, благодаря иллюстрациям в инструкции клиент сможет собрать купленный шкаф быстро и без ошибок или заказать нужное дополнение по каталогу сменных модулей. Очевидно, что иллюстрации делают документацию более удобной для потребителей, а это, в свою очередь, повышает удовлетворенность конечных пользователей продукта.

Точность понимания документации особенно важна для компаний, которые производят товары на экспорт. Многие из этих компаний переводят свою доку-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ: МОСТ МЕЖДУ 3D САД И ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ООО «Ирисофт»,
контакт. тел. (812) 325 4335,
ООО «PTC International»,
контакт. тел. (499) 973 9597

ментацию на 10 или более языков, что влияет на стоимость, так что этот фактор нельзя недооценивать. Так как ошибки в переводе неизбежны, то с ростом объема переводимого текста увеличиваются и риски ошибок, и финансовые потери.

Таким образом, удачным вариантом является сбалансированное сочетание текста и иллюстраций. В некоторых случаях – например, в кратких инструкциях по сборке – можно обойтись одними иллюстрациями. Одна компания сельскохозяйственного сектора недавно сообщила, что преобразование инструкций по сборке посевной техники привело к 90-процентному сокращению затрат на перевод. Исключение составила лишь информация по технике безопасности – она по-прежнему представлена на всех соответствующих языках. Такой подход в последнее время все чаще используется глобальными компаниями, что связано с резким ростом затрат на переводы, который наблюдался в течение последних нескольких лет.

Иллюстрации как фактор стоимости. Многие профессионалы в области создания документации могут спросить, не является ли замена текстовых инструкций иллюстрациями для сокращения издержек на перевод лишь подменой одного дорогостоящего процесса другим? Это не так, и вот почему.

Предположим, необходимо изготовить иллюстрацию «с нуля», что требует довольно существенного времени. Разумеется, речь не идет о таком производстве, для которого достаточно изготовление двух-трех иллюстраций в неделю. Если производитель выводит на рынок машину, которая может состоять из 2000 отдельных частей и даже больше, это означает огромную работу для иллюстраторов, даже если не учитывать необходимость большого количества просмотров уже существующих иллюстраций. Неудивительно, что зачастую выпуск нового продукта откладывается, потому что документация не готова вовремя. Решением проблемы является повторное использование трехмерных САД-данных в целях создания

технической документации, о чем мы и поговорим ниже.

Еще один важный момент – появление новых технологий, в том числе web-технологий, которые открывают новые возможности и для сопроводительной документации. Эту документацию стало возможно делать интерактивной, на электронных носителях, создавать электронные каталоги и прочее. С одной стороны, тем самым документация становится более доступной для конечных пользователей, с другой – это означает дополнительные затраты для предприятий-производителей. И здесь возможность использования иллюстраций в различных форматах – также важный способ сокращения издержек на ее выпуск.

Решение – трехмерные САД-данные. Многие компании сегодня имеют доступ к трехмерным данным различных систем проектирования, таких как Pro/ENGINEER, CATIA, NX, SolidWorks и т. д., которые могут быть в дальнейшем использованы при создании иллюстраций. Это, несомненно, представляет собой наибольший потенциал для экономики при создании иллюстраций. На практике, однако, 3D-данные никогда оптимально не используются, что объясняется высокими расходами на работы проектного отдела.

Сегодня у отдела документации редко есть прямой доступ к САД-системе, поэтому сотрудник конструкторского отдела несет ответственность за подготовку данных, т. е. должен найти необходимый компонент или сборку, разобрать их, повернуть в нужное положение, удалить скрытые линии и т. д. Это огромный труд, требующий серьезной координации действий проектировщиков и отдела документации. Так, цель информации, которая должна быть передана иллюстрацией, всегда конкретная, и ее необходимо сообщить коллеге из отдела проектирования, обычно это делается в формате проектов. Такое сотрудничество существенно усложняет рабочий процесс: иллюстраторам часто нужны новые ракурсы детали, представление о частях

«сборки», в итоге, проектировщики вынуждены начинать работу сначала.

Следует также отметить, что преобразование трехмерных данных в двухмерную иллюстрацию – только первый шаг. Затем иллюстрация должна быть преобразована в соответствии с требованиями к документации – учесть надо и ширину линии, цвета, удалить ненужные детали, подготовить к предоставлению в электронной версии и т.д. Система САД может предложить различные варианты толщины линии, но не в стиле, требующемся для технической иллюстрации («толстая-тонкая техника», thick-thin technique), соответственно, потребуются последующее редактирование в графической программе. Дополнительная обработка каждой займет еще несколько часов. Кроме того, рисунки направления соединения частей, изображения инструментов и рук, которые зачастую нужно показать на иллюстрации, не могут быть сделаны в САД-системе.

Таким образом, 3D САД-системы предоставляют широкие возможности для подготовки данных, необходимых для документации, но труд, требующийся от проектировщиков огромен. Необходимо решение, которое сократит нагрузку на проектный отдел и позволит отделу документации адаптировать модели без дополнительной работы в САД-системе. При этом решение должно быть приспособлено для работы иллюстраторов, не

имеющих обширных знаний о САД-системах. Также важно снизить затраты на просмотр предыдущей документации и предоставить возможность подготовки иллюстрации для электронной версии при небольших дополнительных затратах.

Обработка изменений. Как работать с изменениями. В идеале отдел документации должен начать работы на ранней стадии разработки изделия. Параллельная разработка изделия и документации увеличивает вероятность того, что она будет готова к началу поставок продукта. Однако поскольку САД-модель, как правило, несколько раз изменится в процессе разработки, все иллюстрации, основанные на этой модели, должны обновляться. Если изменения будут сделаны автоматически, то значительно уменьшатся время и расходы, требующиеся на внесения изменений, что приведет к сокращению сроков выхода продукта на рынок.

Современное решение. Вышеупомянутый сценарий отнюдь не является футуристическим – сегодня это уже действительность для многих дальновидных компаний. Программные продукты, такие, как Arbortext IsoDraw CADprocess, позволяют напрямую адаптировать трехмерные САД-модели для технической документации. Важен и экономический аспект использования такого решения: оно обеспечивает централизованное выполнение всего процесса от трехмерной разработки

до выпуска иллюстраций для разнообразных медианосителей информации. Вместо отдельных инструментов для подготовки и преобразования САД-данных для адаптации иллюстраций и подготовки электронной версии (если, например, требуется добавление «всплывающих» комментариев к иллюстрации) единый инструмент используется непрерывно, что включает все вышеперечисленные компоненты.

Кроме того, современные инструменты настолько совершенны, что можно использовать 3D-модели для создания 2D- и 3D-анимации, которая также может быть автоматически обновлена при изменении исходных данных. Таким образом, даже для компаний среднего и малого бизнеса создание анимированных инструкций не утопия, они могут быть сделаны без каких-либо дополнительных финансовых расходов. Характерной особенностью решения является то, что оно позволяет иллюстраторам создавать 2D- и 3D-анимацию в одном приложении.

В завершение заметим, что повторное использование трехмерных САД-данных в технической документации обладает огромным потенциалом экономии для компаний, которые используют современные инструменты и организуют сотрудничество отделов. Если вы хотите больше узнать по этой теме, загрузите деморолик www.ptc.com/go/isodraw_flash, который раскрывает процесс более подробно. ■

Освоение пространств и ресурсов Мирового океана – одно из главных направлений развития человечества в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

В настоящее время на шельфе России выявлено более 20 крупных перспективных нефтегазоносных бассейнов, открыто 36 месторождения, в том числе уникальные газовые месторождения (Штокмановское, Русановское, Ленинградское) в Западной Арктике и несколько крупных месторождений нефти на северо-восточном шельфе Сахалина. Установлены подводные продолжения более чем 10 ранее открытых на суше месторождений нефти и газа.

Переориентация на освоение морских нефтегазовых месторождений – одна из наиболее важных тенденций развития современной нефтегазодобывающей промышленности мира. Это придает освоению месторождений континентального шельфа России огромное геополитическое, оборонное и экономическое значение.

Освоение морских нефтегазовых месторождений и транспортировка углеводородов – одни из наиболее опасных видов человеческой деятельности. Ущерб при их освоении от аварий и ка-

О ПРАВОВЫХ АСПЕКТАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОБУСТРОЙСТВА ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*К.А. Смирнов, ген. директор,
В.В. Лебедев, зам. ген. директора,
А.О. Попко, канд. воен. наук, нач. отдела,
ЗАО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840*

тастроф чрезвычайно велик и по статистике на каждый случай составляет: на морских трубопроводах – до 100–200 млн долл., морских платформах – до 100–1200 млн долл., танкерах – до 100–10 000 млн долл.

Таким образом, обеспечение безопасности морской и прибрежной инфраструктуры переработки и транспортировки углеводородного сырья в силу современных

угроз террористической деятельности и возможных техногенных и природных катастроф касается непосредственно безопасности человека и является задачей государственной важности.

Основными нормативно-правовыми актами, регламентирующими физическую безопасность нефтегазового комплекса морского базирования (судов, портовых средств, объектов морской до-

бычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья) являются:

- Международный кодекс по охране судов и портовых средств (МК ОСПС);
- Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации» от 30 ноября 1995 г. № 187-ФЗ;
- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ;
- Федеральный закон «О противодействии терроризму» от 06 марта 2006 г. № 35-ФЗ;
- Федеральный закон «О ведомственной охране» от 17 марта 1999 г. № 77-ФЗ;
- Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 г.;
- Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 23 июня 1997 года № 117-ФЗ;
- Федеральный закон «О морских портах в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» № 261-ФЗ от 8.11.2007 в редакции от 23 июля 2008 г. № 160-ФЗ;
- Федеральный закон «О федеральной службе безопасности» № 40-ФЗ от 3 апреля 1995 г.
- Протокол о борьбе с незаконными актами, направленными против безопасности стационарных платформ, расположенных на континентальном шельфе. Подписан в Риме 10 марта 1988 г.
- Резолюция Международной морской организации (ИМО) А.671(16) «Зона безопасности и безопасность мореплавания вокруг прибрежных сооружений и установок»;
- Положение о применении оружия и боевой техники ВС РФ для устранения угрозы террористического акта во внутренних водах, в территориальном море, на континентальном шельфе РФ и при обеспечении безопасности национального морского судоходства, в том числе и в подводной среде, или для пресечения такого террористического акта. Постановление Правительства РФ № 352 от 6 июня 2007 г.;
- Положение о федеральной системе защиты морского судоходства от незаконных актов, направленных против безопасности мореплавания. Постановление Правительства РФ № 324 от 11 апреля 2000 г.;
- Приказ Министерства транспорта РФ № 192 от 24 ноября 2008 г. «Об утверждении порядка организации охраны объектов ведомственной охраны Министерства транспорта РФ»;
- Постановление Правительства РФ № 587 «Вопросы негосударственной охранной и негосударственной сыскной деятельности» от 14 августа 1992 г.;
- Указ Президента РФ № 960 от 11 августа 2003 г. «Вопросы федеральной службы безопасности РФ».

Федеральный закон «О континентальном шельфе» Российской Федерации определяет статус континентального шельфа России, суверенные права и юрисдикцию Российской Федерации на ее континентальном шельфе и их осуществление в соответствии с Конституцией Российской Федерации, общепризнанными принципами и нормами международного права и международными договорами Российской Федерации. В частности, гл. IV закона посвящена созданию искусственных сооружений (искусственные острова, установки, морские платформы) и прокладка подводных кабелей, трубопроводов на континентальном шельфе. Она определяет, что искусственные острова, установки и сооружения *не обладают статусом островов и не имеют территориального моря, исключительной экономической зоны и континентального шельфа. Вокруг искусственных островов, установок и сооружений устанавливаются зоны безопасности, которые простираются не более чем на 500 м от каждой точки внешнего края искусственных островов, установок и сооружений.* (ст. 16).

Ст. 18 (пятый абзац) данного закона определяет федеральные органы, с которыми требуется согласование при рассмотрении запросов и выдачи разрешений на создание искусственных островов, установок и сооружений, в том числе и для обеспечения безопасности. К их числу относятся федеральные органы по обороне; по пограничной службе; по службе безопасности; по науке и технической политике; по охране окружающей среды и природных ресурсов; по оборонным отраслям промышленности; по таможенному делу.

Деятельность на искусственном острове, установке и сооружении осуществляемая с нарушениями настоящего федерального закона и международных договоров Российской Федерации, может быть приостановлена или прекращена по решению федеральных органов исполнительной власти, выдавших разрешение, или по решению должностных лиц *органов охраны* и возобновлена только после устранения в установленные сроки допущенных нарушений (ст. 21).

К органам охраны относятся (ст. 42) федеральные органы: по пограничной службе; по геологии и использованию недр; государственного горного надзора; по рыболовству; по охране окружающей среды и природных ресурсов.

Координация использования сил органов охраны, указанных в настоящей статье, осуществляется федеральным органом по пограничной службе.

Кроме того, *военные корабли и летательные аппараты, другие государственные суда и летательные аппараты Российской Федерации осуществляют охрану континентального шельфа* под присвоенными им флагами, вымпелами и отличительными знаками (ст. 42), что соответствует положениям Морской доктрины Российской Федерации.

Ст. 43 настоящего федерального закона предусмотрена *возможность остановки, преследования, задержания, препровождения в ближайший порт РФ и, в исключительных случаях, применения оружия по нарушителям настоящего закона.*

Статья 44 предписывает *сообщать об обнаруженных объектах в органы охраны.*

Морская доктрина Российской Федерации декларирует направления национальной морской политики, в том числе освоения и сохранения ресурсов Мирового океана. В частности освоения минеральных и энергетических ресурсов для дальнейшего расширения сырьевой базы, создания стратегического резерва запасов. С этой целью решаются следующие задачи:

- изучение геологического строения и определения ресурсного потенциала континентального шельфа;
- освоение минеральных и энергетических ресурсов Мирового океана;
- разработка известных месторождений и интенсивная разведка нефти и природного газа на континентальном шельфе РФ;
- создание условий и возможностей для разведки и добычи ресурсов глубоководных районов Мирового океана, закрепленных в рамках полномочий Международного органа по морскому дну прав РФ на разведку и разработку ресурсов морского дна.

В целях осуществления военно-морской деятельности Морская доктрина ставит задачу охраны Государственной границы Российской Федерации и предусматривает:

- охрану внутренних морских вод, территориального моря, исключительной экономической зоны, *континентального шельфа РФ и их природных ресурсов;*
- контроль над деятельностью судов иностранных государств во внутренних морских водах, территориальном море, исключительной экономической зоне, *континентальном шельфе.*

Суда, буксиры, ледоколы, вертолеты, порты, судоходные каналы и т.п., с целью обеспечения безопасности попадают под требования федерального закона «О транспортной безопасности» № 16.

В целях принятия мер по обеспечению транспортной безопасности, в соответствии со статьей 7 Федерального закона «О транспортной безопасности» Правительства РФ установлены различные уровни безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств (Постановление Правительства РФ от 10 декабря 2008 г. № 940 «Об уровнях безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств и о порядке их объявления (установления)»).

Документом устанавливается три уровня безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств.

Уровень безопасности № 1 – степень защищенности транспортного комплекса от потенциальных угроз, заключающихся в наличии совокупности вероятных условий и факторов, создающих опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса;

Уровень безопасности № 2 – степень защищенности транспортного комплекса от непосредственных угроз, заключающихся в наличии совокупности конкретных условий и факторов, создающих опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса;

Уровень безопасности № 3 – степень защищенности транспортного комплекса от прямых угроз, заключающихся в наличии совокупности условий и факторов, создавших опасность совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса.

В постановлении правительства определено, что первый уровень безопасности действует постоянно, если не объявлен иной уровень безопасности. Второй и третий уровни безопасности устанавливаются или отменяются на основании решений:

- руководителей Федерального оперативного штаба, оперативных штабов в субъектах Российской Федерации либо министра транспорта Российской Федерации (уполномоченных ими должностных лиц) об изменении степени угрозы совершения носящего террористический характер акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса;
- министра внутренних дел Российской Федерации либо министра транспорта Российской Федерации (уполномоченных ими должностных лиц) об изменении степени угрозы совершения носящего террористический характер акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса.

Магистральные трубопроводы не относятся к транспорту согласно ст. 1 п.п. 5, 11, что значительно усложняет правовую регламентацию по безопасности

трубопроводной транспортной системы, но, согласно Концепции транспортной безопасности Российской Федерации от 3 мая 2006 г., *транспортный комплекс, включает в себя транспортную инфраструктуру в полном объеме*: все виды транспортных средств, включая подземный, а также трубопроводы, все виды дорог и путей, мосты и тоннели, контактные линии, все виды станций и вокзалов, стоянки автотранспортных средств, судов, все виды морских и речных портов и портовых средств, гидротехнические сооружения, аэродромы, «а также все иные объекты обеспечивающие функционирование транспортного комплекса: строения, устройства и оборудования».

Сегодня система правового регулирования в сфере магистрального трубопроводного транспорта (МТТ) представляет собой огромное число разноуровневых нормативно-правовых актов по отдельным аспектам отношений. Всего действует более шестисот документов, начиная от базовых законов «О естественных монополиях», «О газоснабжении в Российской Федерации», различных международных соглашений и заканчивая ведомственными приказами и инструкциями. Следует отметить фрагментарный характер действующих норм, отсутствие логической связи между ними.

О слабости системы говорит хотя бы отсутствие в законодательстве единого определения магистрального трубопроводного транспорта. Надо отдать должное, что проект закона «О магистральном трубопроводном транспорте» в ближайшие сроки будет рассмотрен законодателями. В нем предусмотрена гл. 6, регламентирующая правовые основы промышленной и экологической безопасности, в частности, государственный надзор за безопасностью объектов магистрального трубопроводного транспорта, обеспечение промышленной и экологической безопасности объектов, готовность указанных объектов к действиям по локализации и ликвидации возможных аварий, катастроф, страхование ответственности за причинение вреда.

За рубежом законодательное регулирование МТТ достаточно развито. Специальные законы приняты в США, Германии, Франции, Австрии, Англии и многих других странах. Их анализ показывает, что хотя между ними и существуют существенные различия, отражающие господствующие отношения социальной рыночной экономики, для всех них характерна активная роль государства в вопросах строительства магистральных трубопроводов и определении условий их эксплуатации (доступ, тарифы, техника безопасности, экология). Следует ожидать, что в связи с проведением политики глобализации эти различия будут постепенно стираться.

Говоря о шельфовых месторождениях, нельзя не упомянуть о флоте, обслуживающем объекты обустройства и обеспечении его безопасности. Обеспечение безопасности плавания судов обслуживания можно подразделить на три составляющие:

- 1). обеспечения навигационной безопасности плавания судов вблизи платформ;
- 2). обеспечения безопасности самой платформы;
- 3). обеспечение безопасности судов, взаимодействующих с платформой.

Кодекс ОСПС (охрана судов и портовых сооружений) определяет мероприятия и требования по предотвращению:

– неразрешенного допуска на суда, в том числе морские передвижные буровые установки и портовые средства (ст. ст. 2.2; 3.1) и в их районы их районы с ограниченным доступом.

– доставки на суда или на портовые средства неразрешенных предметов (оружия, зажигательных устройств) или взрывчатых веществ предназначенных для применения против людей, судов или портов, на перевозку которых нет полномочий.

Кроме того, для ведения охранной деятельности портовых средств Кодекс требует *организовать слежение за территорией портовых средств, включая район швартовки и якорной стоянки* (п. 14.3).

В ст. 4.19 Кодекса отмечается, что «следует продумать введение надлежащих мер охраны стационарных, плавучих платформ и морских передвижных буровых установок, находящиеся на месте разработки».

Соответствующие рекомендации по охране судов даны в разд. 8; 9; 13 Кодекса ОСПС. Так, судно должно быть способно следить за обстановкой на борту в целом, за участками ограниченного доступа на судне и за участком вокруг судна (ст. 9.42), в том числе и вести *осмотр подводной части судна* (ст. 9.49, п. 4).

Безопасность каналов, дамб и сооружений регламентируется Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21 июля 1997 г. №117-ФЗ.

Навигационная безопасность при плавании вблизи искусственных островов определяется резолюциями ассамблеи ИМО, в частности:

- Резолюция А.857(20) «Руководство по службам управления движением судов» указывает на целесообразность в районах, где осуществляется перевозка опасных грузов, с трудными географическими, гидрологическими и метеорологическими условиями установить службы управления движением судов (ст.3.2.2 п.2; 4; 11).
- Резолюция А.671(16) «Зоны безопасности и безопасность мореплава-

ния вокруг прибрежных сооружений и установок», признавая необходимость обеспечения беспрепятственного использования природных ресурсов на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне, так же как безопасности на море, рекомендует операторам морских сооружений или установок, включая ПБУ, которые находятся на месте бурения, независимо от того, поставлены ли они на якорь или установлены на морском дне и не осуществляют операции по бурению (либо до начала таких операций, либо во время остановок в работе по какой-либо причине), принять соответствующие меры, предотвращающие нарушение зон безопасности вокруг таких морских сооружений или установок. Такие меры могут включать эффективные огни и звуковые сигналы, радиолокационные маяки-ответчики, постоянное визуальное наблюдение и с помощью радиолокатора, прослушивание и предупреждение судов на соответствующих УКВ каналах или других соответствующих радиочастотах и установление служб управления движением судов (ст. 1.3)

В приложении 1.4. к данному документу указано: «Каждое прибрежное государство, которое разрешает и контролирует эксплуатацию и использование морских установок и сооружений, находящихся под его юрисдикцией, должно требовать от операторов морских сооружений или установок сообщать о действиях судов, угрожающих безопасности, включая нарушения зон безопасности».

Там же п. 3.1. гласит: «Государство, обязано известить государство флага судна-нарушителя, представив необходимые доказательства нарушения. Государство флага в свою очередь должно провести расследование в соответствии со своим законодательством».

Вопросы обеспечения мореплавания в интересах освоения шельфа также регламентируют следующие международные нормативные правовые акты:

- ♦ Конвенция о континентальном шельфе. ООН 1958 г.;
- ♦ Резолюция А.341(IX) Рекомендации по распространению информации, картографированию и комплектованию персонала буровых вышек, нефтяных платформ и других подобных сооружений. ИМО, 1975 г.;
- ♦ Конвенция по морскому праву. ООН. 1982 год;
- ♦ Рекомендации по ограждению стационарных морских сооружений (издание 3). Международная ассоциация маячных служб, 1984 г.;
- ♦ Резолюция А.572(14) Общие положения об установлении путей движения судов (издание 4), 1985 г.;
- ♦ Резолюция А.671(16) «Зоны безопасности и безопасность мореплавания

вокруг прибрежных сооружений и установок» ИМО, 1989 г.

Федеральный закон от 6 марта 2006 г. N 35-ФЗ «О противодействии терроризму» устанавливает основные принципы противодействия терроризму, правовые и организационные основы профилактики терроризма и борьбы с ним, минимизации и (или) ликвидации последствий проявлений терроризма, а также правовые и организационные основы применения Вооруженных Сил Российской Федерации в борьбе с терроризмом.

Согласно ст. 6 данного закона в борьбе с терроризмом Вооруженные Силы Российской Федерации могут применяться для:

1) пресечения полетов воздушных судов, используемых для совершения террористического акта либо захваченных террористами;

2) пресечения террористических актов во внутренних водах и в территориальном море Российской Федерации, на объектах морской производственной деятельности, расположенных на континентальном шельфе Российской Федерации, а также для обеспечения безопасности национального морского судоходства. Согласно ст. 7 и 8 может быть применено оружие на уничтожение террористов и их средств.

Конкретизирует положения настоящего закона о применении оружия и боевой техники ВС РФ для устранения угрозы террористического акта во внутренних водах, в территориальном море, на континентальном шельфе РФ и при обеспечении безопасности национального морского судоходства, в том числе и в подводной среде, или для пресечения такого террористического акта, принято постановлением Правительства РФ №352 от 6 июня 2007 г.

Перечень объектов, подлежащих государственной охране, определяется Постановлением Правительства РФ №587 от 14 августа 1992 г. В последней редакции (Постановление Правительства РФ №886 от 2 ноября 2009 г.), этот перечень включает:

«15. Средства навигационного оборудования, объекты транспортной инфраструктуры федерального значения и железнодорожного транспорта общего пользования, метрополитены.

16. Границы морского порта, места базирования и порты захода атомного флота, объекты инфраструктуры морских портов, предназначенные для обеспечения безопасного морского судоходства.

...
21. Объекты электроэнергетики – гидроэлектростанции, государственные районные электростанции, тепловые электростанции, гидроаккумулирующие электростанции, электрические подстан-

ции, геотермальные станции, объекты передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и сбыта электрической энергии, объекты нефтяной и нефтехимической промышленности, газовой и газохимической промышленности, отнесенные к опасным производственным объектам, за исключением объектов, которые предназначены для добычи, переработки, транспортирования, хранения продукции, поставляемой по государственному контракту, а также стратегических предприятий, стратегических акционерных обществ и их дочерних обществ.»

Данный документ четко определяет объекты обустройства шельфовых месторождений, как объекты, не подлежащие государственной охране.

Федеральным законом «О морских портах в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 8 ноября 2007 г. №261-ФЗ в ст. 15 пп. 4–5 охрана порта, его акватории и границ предписывается подразделениям ведомственной охраны эксплуатанта порта или соответствующими подразделениями органов внутренних дел.

Что касается объектов инфраструктуры морского транспорта, то порядок ведомственной охраны портовых средств определен приказом Минтранса РФ от 24 ноября 2008 г. №192 «Об утверждении порядка организации охраны объектов ведомственной охраны Министерства транспорта РФ», где в п. 125 идет перечисление нормативно-правовых актов, в соответствии с которыми эта охрана должна быть организована. Пункт 126 приказа конкретизирует, какие меры безопасности должны быть обязательно предусмотрены, к ним относятся меры охраны при организации доступа в портовое средство и при взаимодействии портового средства с судном.

Федеральный закон «О ведомственной охране» от 14 апреля 1999 г. №77-ФЗ определяет организацию, полномочия и перечень разрешенного к использованию оборудования и специальных средств. Конкретные нормы обеспечения подразделений оружием и спецсредствами определены в Постановлении Правительства РФ от 30 декабря 1999 г. №1436 «О специальных средствах и огнестрельном оружии, используемых ведомственной охраной», среди них:

«1. Механические распылители, аэрозольные и другие устройства, снаряженные слезоточивыми или раздражающими веществами, разрешенными к применению гражданами в целях самообороны.

2. Палка резиновая специальная:
Пр-73, Пр-73М ТУ АНВЯ6 354.031
Пр-89 ТУ АНВЯ6 354.032
Пр-90 ТУ АНВЯ6 354.038.
3. Наручники ТУ 87.2.026-88.

4. Средства принудительной остановки транспорта:

устройство остановки автотранспорта «Диана» ТУ5212-017-8594016-94;

средство принудительной остановки транспорта автозаградитель «Гарпун» ТУ АВЮЛ 240100.00-01.

5. Бронежилеты, защитные каски и иные средства индивидуальной защиты, которые не подлежат ограничению в приобретении и использовании гражданами и организациями.

6. Пистолет ИЖ-71 калибра 9×17, револьвер РСЛ-1 калибра 9×17 и патроны к этому оружию.

7. Огнестрельное гладкоствольное длинноствольное оружие калибров 12/70, 12/76, 16/70, 16/76, 20/70, 20/76, 410/76, разрешенное к обороту на территории Российской Федерации, пулевые патроны и патроны с резиновой картечью к этому оружию.

8. Электрошоковые устройства российского производства, имеющие выходные параметры, соответствующие требованиям государственных стандартов Российской Федерации и нормам Минздрава России для гражданского оружия самообороны, и огнестрельное бесствольное оружие самообороны.

В представленном перечне отсутствуют оружие и специальные средства, способные оказать адекватное противодействие угрозам, возможным в отношении объектов освоения шельфа (перечень возможных угроз и их отличительные признаки рассматривались в №3 «Морского Вестника» за 2009 год).

В то же время Постановлением Правительства РФ от 6 июня 2007 г. №352 «О мерах по реализации Федерального закона «О противодействии терроризму» принято «Положение о применении оружия и боевой техники ВС РФ для устранения угрозы террористического акта во внутренних водах, в территориальном море, на континентальном шельфе РФ и при обеспечении безопасности национального морского судоходства, в том числе в подводной среде и для пресечения такого террористического акта».

При этом п. 2. указывает, что:

«Оружие и боевая техника Вооруженных Сил Российской Федерации применяются в случае нарушения правил использования водного пространства (подводной среды) Российской Федерации (во внутренних водах, в территориальном море, на континентальном шельфе Российской Федерации):

а) если морские или речные суда, корабли, подводные объекты (далее - плавательные средства) не реагируют на команды и (или) сигналы прекратить нарушение правил использования водного пространства (подводной среды) Российской Федерации либо отказываются подчиниться требованиям об остановке

(всплытии и остановке) без объяснения причин – для пресечения движения плавательного средства путем принуждения к остановке (всплытию и остановке);

б) если *плавательное средство не подчиняется требованиям об остановке (всплытии и остановке) и (или) невозможно принудить его к остановке (всплытию и остановке) и существует реальная опасность гибели людей либо наступления экологической катастрофы (при условии, что были исчерпаны все обусловленные сложившимися обстоятельствами меры, необходимые для его остановки) - для пресечения движения плавательного средства путем его уничтожения».*

Там же п. 5: «Угроза совершения террористического акта, в том числе из подводной среды, определяется на основании поступающей на пункты управления стратегических (оперативно-стратегических, оперативных) объединений (далее - пункты управления) от постов системы наблюдения за надводной (подводной) обстановкой, дежурных кораблей, решающих задачи обеспечения безопасности, информации:

а) о параметрах движения плавательного средства;

б) о нарушении плавательным средством границ запретных для плавания и временно опасных для плавания районов и невыполнении им требований об остановке (всплытии и остановке);

в) о внезапном появлении плавательного средства в границах запретных для плавания и временно опасных для плавания районов.

Примечательно, что данным положением также регламентируется наличие подводной угрозы:

«п. 11. Для оповещения подводного объекта и принуждения его к всплытию и остановке подаются предупредительные сигналы. Предупредительные сигналы подаются путем подрыва в воде взрывных источников звука, при этом принимаются все меры, чтобы исключить поражение объекта.

п. 12. Оружие военных кораблей (летательных аппаратов) Вооруженных Сил Российской Федерации при угрозе нападения из подводной среды применяется по подводному объекту без предупреждения в случае, если он обнаружен внезапно внутри запретного для плавания или временно опасного для плавания района либо движется с большой скоростью в направлении военного корабля, плавательного средства, охраняемого объекта и по своим параметрам может классифицироваться как самоходный подводный транспортировщик заряда взрывчатого вещества (торпеда) и промедление в применении оружия может привести к гибели людей либо наступлению экологической катастрофы».

Также указывается необходимость проведения данных действий с минимальной угрозой для безопасности людей, функционирования плавательных средств и охраняемых объектов.

В отношении обеспечения безопасности судоходства – основной транспортной связующей объектов обустройства шельфовых месторождений действует «Положение о федеральной системе защиты морского судоходства от незаконных актов, направленных против безопасности мореплавания» утвержденное Постановлением Правительства РФ №324 от 11 апреля 2000 г.

В соответствии с п.6 настоящего Положения: «Мероприятия по защите морского судоходства от незаконных актов, направленных против безопасности мореплавания, проводятся Министерством транспорта РФ, ФСБ РФ, МВД РФ, МО РФ, Федеральной таможенной службой, МИД РФ, Службой внешней разведки РФ, МЧС РФ...».

Там же в п. 21 предписывается пресечение незаконных актов, направленных против безопасности мореплавания, осуществляются силами и средствами привлекаемыми для проведения контртеррористической операции в соответствии с Федеральным законом «О противодействии терроризму», ст. 15 п. 3 которого прямо указывает на «подразделения, воинские части и соединения ВС РФ, подразделения федеральных органов исполнительной власти, ведающих вопросами безопасности, обороны, внутренних дел, юстиции, гражданской обороны...».

Федеральный закон «О Федеральной службе безопасности» от 03 апреля 1996 г. №40-ФЗ в ст. 8 указывает на контртеррористическую деятельность ФСБ как на одно из основных направлений деятельности этого ведомства

Положение «О Федеральной службе безопасности РФ» утвержденное Указом президента РФ №960 от 11 августа 2003 г. в пп. 9.7, 9.9 прямо указывает на главенствующую роль ФСБ РФ в координации и осуществлении противодействия угрозам объектов расположенных на континентальном шельфе.

Таким образом, требованиями существующей законодательной базы в отношении обеспечения физической защиты объектов обустройства шельфовых месторождений предписывается необходимость:

– комплексного обеспечения безопасности объектов обустройства;

– обеспечения безопасности объектов обустройства со стороны прилегающей акватории;

– комплексного подхода к охране объектов обустройства шельфовых месторождений, с привлечением органов исполнительной власти в области безопасности. ■

При выполнении морских операций (МО) по буксировке и установке морских платформ и их модулей проводится анализ рисков, который необходим страховым компаниям для обоснования страховых сборов и тарифов.

Учитывая опыт проведения МО в ходе реализации проектов «Сахалин-1», «Сахалин-2» и др., страхование морских буксировок ПБУ, МЛСП, оснований платформ и их блоков для страхователя может рассматриваться как отдельная операция (проект) или как отдельная статья в процессе страхования платформы в целом на этапах строительства, доставки установки и ввода в эксплуатацию.

Страховой риск – случайное событие, связанное с ущербом для состояния объекта, здоровья персонала и т.д., потери от которых возмещаются страховой фирмой или из страхового фонда.

Страхование операции по буксировке платформы – это предмет конкретного контракта, разделение ответственности между участниками проекта. Определение стоимости страхования рисков осуществляется андеррайтерами страховой компании с учетом данных по проекту, экспертной оценки рисков, международной и отечественной практики и т.д.

Стандартная программа страхования морских платформ включает:

А. Страхование корпуса, механизмов и оборудования установки от традиционных морских рисков:

- стихийных бедствий;
- пожаров и крушений;
- посадки на грунт и навала;
- столкновений с судами и неподвижными объектами;
- опрокидываний или затоплений;
- происшествий при погрузке/выгрузке груза или при приеме топлива;
- взрывов на борту или вне его;
- скрытых дефектов корпуса и механизмов;
- небрежности или ошибок капитана, механика или других членов команды.

Б. Страхование гражданской ответственности владельца платформы, включая:

- ответственность за загрязнение окружающей среды;
- ответственность перед членами экипажа и третьими лицами;
- ответственность за утрату и повреждение платформы;
- ответственность за столкновение с судами, другими неподвижными или плавучими объектами;
- ответственность за удаление остатков кораблекрушения, в том числе расходы по маркировке и уничтожению обломков;
- ответственность по договору буксировки;

ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ СТРАХОВОГО РИСКА ПРИ МОРСКИХ ОПЕРАЦИЯХ С УСТАНОВКАМИ НА ШЕЛЬФЕ

*Н. А. Вальдман, канд. техн. наук, нач. сектора,
Д. М. Яковлев, инженер 1-й категории,
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»,
контакт. тел. +7(812)7236058*

– пропорциональную ответственность в случае аварии и/или особых расходов, не покрываемых по контракту на перевозку.

При оценке риска сюрвейером, перед заключением договора страхования учитываются:

- климатические и природные особенности месторасположения платформы;
- особенности дна;
- вероятность столкновения с проходящими судами и т.п.

Основным требованием страховщиков, как и законодательства, является наличие класса зарегистрированного классификационного общества, в их число входит Российский Морской Регистр судоходства (РМРС).

Величины страховой премии зависят от категории платформы, района эксплуатации и распределения вероятности возникновения неблагоприятных климатических факторов и т.д.

С учетом данных по проектам-аналогам (проект строительства полупогружной плавучей буровой установки (ППБУ) на ОАО «Выборгский судостроительный завод» по заказу ООО «Газфлот») страховой тариф составляет ~0,5 % от стоимости платформы.

Рассмотрим в качестве примера оценки страхового риска для проекта МО с МЛСП «Приразломная». Общий вид и основные характеристики морской платформы приведены на рис. 1 и в табл. 1 соответственно.

*Таблица 1
Основные характеристики МЛСП «Приразломная»*

Характеристика	Значение
Длина наибольшая, м	126,0
Ширина наибольшая, м	126,0
Высота кессона, м	24,3
Высота наибольшая над основной плоскостью, м	140
Водоизмещение в транспортном положении, т	119 774
Осадка в транспортном положении, м	7,7

В табл. 2 в соответствии с данными проекта приведены сведения об этапах (фазах), маршруте и продолжительности МО с МЛСП «Приразломная» (фазы 1 – 4).

В проекте МО проведен анализ опасностей основных сценариев потенциальных аварийных и нештатных ситуаций.

Согласно данным классификационных обществ и баз данных по аварийности [1] (табл. 3), наиболее часто ре-

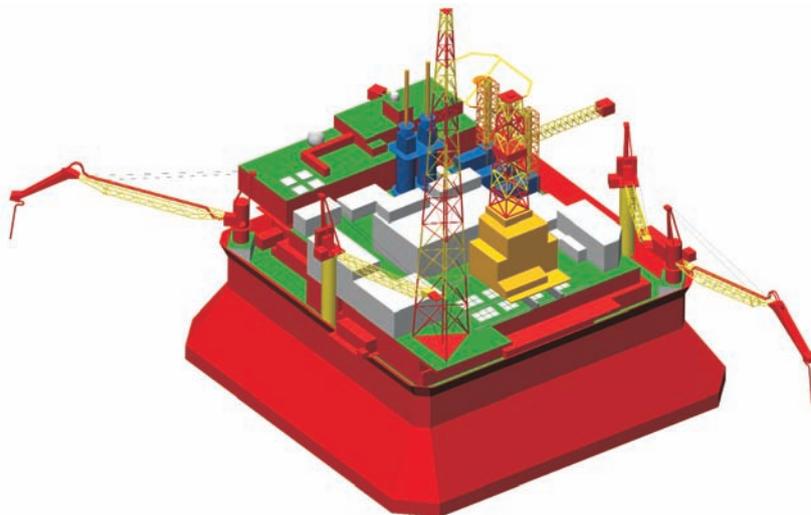


Рис. 1. Общий вид МЛСП «Приразломная»

Сведения о МО с МЛСП «Приразломная»

Район проведения морских операций	Расчетное время продолжительности операций
Буксировки по морскому каналу до приемного буя (акватория ОАО ПО «Севмаш»)	24 ч
Морская буксировка МЛСП до точки базирования в Кольском заливе в районе завода ЖБИ (г. Североморск)	11 сут.
Морская буксировка от точки базирования в Кольском заливе до точки эксплуатации	19 сут.
Постановка на грунт МЛСП в районе месторождения	3 сут.

Таблица 3

Статистика аварий на плавучих установках для Северного моря

Год аварии	Тип установки	Тип операции	Количество пострадавших	Главная авария	Первичные последствия
1990	Буровая самоподъемная	Снятие с месторождения	1	Разрыв буксирного троса	-
1990	Буровая полупогружная	Буровые операции	0	Разрыв буксирного троса	-
1990	Буровая самоподъемная	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1990	То же	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	-
1990	Буровая полупогружная	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1991	То же	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1991	То же	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1992	Буровая самоподъемная	Установка на месторождении	0	Разрыв буксирного троса	Навал
1994	Буровая полупогружная	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1996	« »	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования*
1996	« »	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	-
1996	« »	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	Потеря позиционирования
1997	« »	Буксировка в море	0	Разрыв буксирного троса	-
2001	« »	Установка на месторождении	0	Разрыв буксирного троса	Падение объекта

*Вторичное последствие – касание грунта (посадка на грунт)

ализуемыми при буксировке морских установок являются аварии, связанные с обрывом буксирного троса.

Проведем для буксировки МЛСП по каналу (фаза 1) анализ страхового риска:

– при авариях, связанных с посадкой на грунт МЛСП (касанием грунта), которые могут сопровождаться обрывом буксирного снаряжения;

– при авариях, связанных с потерей одного из буксирных судов, и невозможностью выполнять буксировку.

Страховой риск может быть определен как

$$R = p \times c, \quad (1)$$

где p – вероятность возникновения аварийной ситуации; c – величина ущерба (затрат на ликвидацию аварийной ситуации).

Вероятность «потери судна-буксировщика» при проведении МО определяется:

$$P_{\text{Псб}} = 1 - \prod_{i=1}^4 (1 - P_i) = 1 - [(1 - P_{\text{Пдз}}) \times (1 - P_{\text{Опгм}})(1 - P_{\text{Иэб}})(1 - P_{\text{Мвс}})], \quad (2)$$

где $P_{\text{Пдз}}$ – вероятность того, что гидрометеороусловия (ГМУ) выйдут за пределы допускаемых значений; $P_{\text{Опгм}}$ – вероятность того, что будет получен ошибочных прогноз ГМУ; $P_{\text{Иэб}}$ – вероятность того, что неправильно применены инструкции по эксплуатации буксирных судов; $P_{\text{Мвс}}$ – вероятность того, что механизмы выйдут из строя во время буксировки.

Аналогичным методом можно определить вероятность «посадки МЛСП на грунт» («касание грунта»):

$$P_{\text{Пнг}} = 1 - \prod_{i=1}^4 (1 - P_i) = 1 - [(1 - P_{\text{Обт}}) \times (1 - P_{\text{Нно}})(1 - P_{\text{Нм}})(1 - P_{\text{Нкк}})], \quad (3)$$

где $P_{\text{Обт}}$ – вероятность обрыва буксирного троса; $P_{\text{Нно}}$ – вероятность неисправности навигационного оборудования; $P_{\text{Нм}}$ – вероятность несоблюдения плана по ликвидации аварии; $P_{\text{Нкк}}$ – вероятность непонимания капитаном буксира команды, поданной Руководителем операции.

В формулах (2) и (3) значения вероятностей приняты по данным Правил РМРС [2]. Значение $P_{\text{Пдз}}$ определено из анализа гидрометеорологических условий (ветровой режим) на маршруте МО.

Оценим вероятность (предельные значения $P_{\text{Пдз}}$) выхода ГМУ за проектные ограничения (табл. 4).

Таблица 4

Проектные ограничения (ветровой режим) проведения МО

Критерий	Фаза 1	Фаза 2		Фаза 3	
		без штормования	со штормованием	без штормования	со штормованием
Скорость ветра, м/с	Не более 10	Не более 12	Не более 10	Не более 15	Не более 12

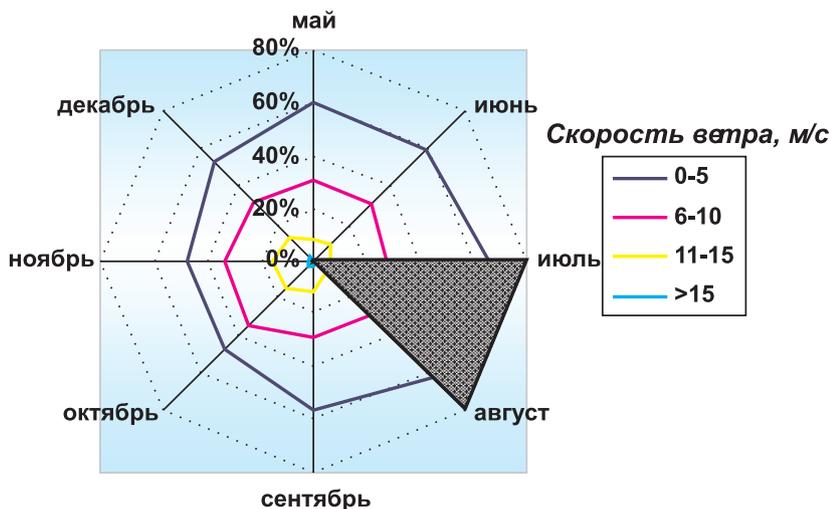


Рис. 2. Вероятности повторения ветра определенной скорости по месяцам

В соответствии с [3] на рис. 2 приведены данные по вероятности повторения ветра определенной скорости в районе проведения МО (фаза 1). Наиболее благоприятный период для проведения МО выделен на диаграмме цветом.

Вероятность возникновения ветра, превышающего 10 м/с (ограничения по ГМУ для фазы 1, табл. 4) может быть определена в виде

$$p = \sum_{i=1}^j p_{\text{ПСВ}_i} \times p_{\text{ВПН}_i}, \quad (4)$$

где $p_{\text{ПСВ}}$ – вероятность превышения скорости ветра сверх допустимой для ветра i -го направления; $p_{\text{ВПН}_i}$ – вероятность возникновения ветра i -ого направления; j – количество направлений ветра, способных воспрепятствовать проведению буксировки МЛСП.

Данные для определения вероятности возникновения ветра, превышающего допустимые значения по направлениям, приведены в табл. 5. Направления ветра вдоль канала, параллельно направлению буксировки, при определении вероятности не учитываются, и $P_{\text{ПДЗ}}$ составляет 0,072 (7,2%).

В соответствии с проведенным анализом ГМУ и [2] вероятность «потери судна-буксировщика» при буксировке МЛСП и вероятность «посадки МЛСП на грунт» при буксировке могут быть определены по формулам (5) и (6):

$$P_{\text{ПСВ}} = 1 - [(1 - 0,072)(1 - 0,03) \times (1 - 0,01)(1 - 0,001)] = 0,11; \quad (5)$$

$$P_{\text{ПНГ}} = 1 - [(1 - 0,003)(1 - 0,0005) \times (1 - 0,005)(1 - 0,005)] = 0,013. \quad (6)$$

Таблица 5

К оценке вероятности возникновения ветра по направлениям, %

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Вероятность возникновения ветра, превышающего 10 м/с	0,7	2,5	0,7	0,9	1,9	0,7	0,7	0,4

Таблица 6

Определение затрат на ликвидацию аварии «посадка МЛСП на грунт»

Статья затрат	Исходные данные	Значение затрат на ликвидацию последствий
Аренда судна-буксировщика	Фрахтовая ставка: 20 тыс. долл. США/сут (буксир мощностью 13,5 МВт), 7 тыс. долл. США/сут (буксир мощностью 2,9 МВт)	112 тыс. долл./сут.
Затраты на топливо	Суточные расходы топлива: 44,75 т (буксир мощностью 13,5 МВт) 13,3 т (буксир мощностью 2,9 МВт)	97,5 тыс. долл./сут.
Затраты на масло	Суточные расходы масла: 0,6 т (буксир мощностью 13,5 МВт) 0,15 т (буксир мощностью 2,9 МВт)	7,2 тыс. долл./сут.
Суммарные затраты на ликвидацию аварии		216,7 тыс. долл./сут.

Буксировку МЛСП «Приразломная» по каналу (фаза 1) осуществляет ордер судов в составе морских буксиров мощностью 13,5 МВт (4 ед.) и портовых буксиров мощностью 2,9 МВт (4 ед.).

Затраты на ликвидацию последствий аварии оцениваются исходя из затрат на аренду судов, расходам на топливо и масло и т.п. (табл. 6).

При расчете суммарных затрат следует учитывать, что при «посадке на грунт» продолжительность операции по снятию МЛСП с грунта может занять от 0,5 до 1 сут.

Аналогичным образом оцениваются затраты на ликвидацию последствий при других авариях (страховых случаях), например, при «потере судна-буксировщика». В случае возникновения данной аварийной ситуации требуется привлечение вместо выбывшего из строя буксира дополнительного судна мощностью около 16,8 МВт (место базирования – г. Мурманск, г. Архангельск). Затраты на его привлечение с учетом арендной ставки на привлечение судна, затрат на топливо и масло могут быть оценены в диапазоне от 390 до 630 тыс. долл. США/сут. В этом случае может потребоваться длительное время для мобилизации буксира.

В соответствии с формулой (1) страховой риск R при аварийной ситуации «посадка МЛСП на грунт» может быть оценен величиной 2,8 тыс. долл./сут., а при «потере судна-буксировщика» – от 42,9 до 69,3 тыс. долл. США / сут.

Рассмотренный подход к оценке страхового риска используется страховой компанией при назначении страхового тарифа с учетом ряда дополнительных факторов:

- экологических последствий страхового случая;
- расходов на превентивные меры;
- опыта проведения подобных операций;
- опыта самой страховой компании и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Accident statistics for floating offshore units on the UK Continental Shelf 1980 – 2005, HSE, 2007.
2. Правила классификации, постройки и оборудования ПБУ / МСП. – РМРС, 2008.
3. Проект навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения безопасности морских операций буксировки и постановки МЛСП «Приразломная» на участке эксплуатации. ■

Рост производительности труда – основная задача, стоящая на современном этапе перед промышленностью, с целью увеличения объемов производства при сокращении численности. Важнейшей составляющей мотивации персонала при реализации этой задачи является справедливое и прозрачное вознаграждение, позволяющее сконцентрировать усилия трудящихся на задачах, приоритетных для предприятия.

Судоостроительные компании в России разных форм собственности по-разному подходят к решению этой задачи. К примеру, зарплаты на предприятиях «Объединенной судоостроительной корпорации» сильно различаются. Так, в 2009 г. менеджеры заводов получали в месяц от 19 тыс. руб. (ОАО «ЗЗ Судоремонтный завод») до 463 тыс. руб. (Северный центр судостроения), а зарплата специалистов варьировалась от 11 тыс. руб. (ОАО «ЗЗ Судоремонтный завод») до 64 тыс. руб. (Северный и Дальневосточный центры судостроения) (По данным сайта «ОСК»). Аналогичная ситуация – в субконтрактных компаниях, имеющих высокий норматив собственной переработки, где оплата труда превышает 50% объема продаж.

«ОСК» готовит организационную реформу. Автор предлагает рассмотреть систему начисления и выплаты вознаграждения, применяемую в некоторых передовых отечественных компаниях, а также на Западе.

Эта система – эффективный инструмент не только стратегического, но и оперативного управления.

Сбалансированная система показателей (ССП), в английском варианте – Balanced Scorecard (BSC) – это механизм последовательного доведения до персонала стратегических факторов успеха, целей компании и контроля их достижения через так называемые ключевые показатели эффективности (КПЭ), в английском варианте – Key Performance Indicator (KPI). КПЭ являются, по сути, измерителями достижимости целей, а также характеристиками эффективности бизнес-процессов и работы каждого отдельного сотрудника.

Преимущество ССП состоит в том, что предприятие, внедрившее эту систему, получает в результате «систему координат» действий в соответствии со стратегией на любых уровнях управления. КПЭ, и мотивация персонала позволяют реализовать стратегию компании, описанную и формализованную с помощью ССП. Таким образом, ССП – это:

– инструмент управления компанией при объединении всех процессов воедино;

УНИФИЦИРОВАННАЯ МЕТОДИКА СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ГРУППЫ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*А. Г. Филимонов, финансовый директор ООО «Мюльхан Морфлот»,
контакт. тел. (812) 999 5542*

– механизм реализации стратегии и ее корректировки;

– инструмент перевода стратегии в плоскость конкретных целей, показателей и задач;

– надежный инструмент контроля показателей будущего;

– система мотивации персонала;

– система обратной связи, обучения и постоянного развития.

В чем отличие ССП от других систем управления? ССП позволяет управлять не только финансовыми показателями, но и нефинансовыми, причем с помощью определенных показателей.

Эта система управления затрагивает не только руководителей компании, но и всех сотрудников.

ССП – сравнительно новая технология, разработанная на основе выводов исследования, проведенного в начале 90-х гг. Робертом Капланом (Dr. Robert S. Kaplan), профессором «Harvard Business School» и президентом консалтинговой фирмы «Renaissance Solutions» Дэвидом Норттоном (David P. Norton). Исследование проводилось с единственной целью – выявить новые способы повышения эффективности деятельности и достижения целей бизнеса.

Основной принцип ССП, положенный в ее основу и позволивший повысить эффективность этой технологии управления – управлять можно только тем, что можно измерить. Иначе говоря, цели можно достигнуть только в том случае, если существуют поддающиеся численному измерению показатели, говорящие управленцу, что именно нужно делать и правильно ли он делает это для достижения цели.

В ССП сделан акцент на нефинансовые показатели эффективности, которые позволяют оценить такие, казалось бы, с трудом поддающиеся измерению, аспекты деятельности, как

степень лояльности клиентов или инновационный потенциал компании.

К настоящему времени компания «Balanced Scorecard Collaborative» (<http://www.bscol.com>), которую возглавляют Р. Каплан и Д. Нортон, разработала функциональные стандарты – минимальный набор требований, которому должно соответствовать программное обеспечение, поддерживающее корпоративную ССП. Эти функциональные стандарты также дают базовые ориентиры тем организациям, которые задумываются о построении подобных систем или приобретении соответствующего программного обеспечения. Дизайн ССП должен включать шесть обязательных элементов:

1. Перспективы (perspectives) – компоненты, при помощи которых проводится декомпозиция стратегии с целью ее реализации. Обычно используются четыре базовые «перспективы», однако их список можно дополнить в соответствии со спецификой стратегии компании. Базовыми перспективами являются финансы (получение стабильно растущей прибыли, как видят нас акционеры компании); клиенты (улучшение знания каждого клиента, как видят нас клиенты); процессы (внутренние процессы компании – чем мы выделяемся среди конкурентов), персонал (обучение и развитие) и инновации (как мы создаем и увеличиваем ценность для наших клиентов).

2. Стратегические цели (objectives) определяют, в каких направлениях будет реализовываться стратегия.

3. Показатели (measures) – это метрики достижений, которые должны отражать прогресс в движении к стратегической цели. Показатели подразумевают выполнение необходимых определенных действий для достижения цели, и указывают на то, как стратегия

будет реализована на операционном уровне.

4. Целевые значения (targets) — количественные выражения уровня, которому должен соответствовать тот или иной показатель.

5. Причинно-следственные связи (cause and effect linkages) должны связывать в единую цепочку стратегические цели компании таким образом, что достижение одной из них обуславливает прогресс в достижении другой (связь по типу «если-то»).

6. Стратегические инициативы (strategic initiatives) — проекты или программы, которые способствуют достижению стратегических целей.

Следует отметить, что каждый из шести необходимых элементов ССП обычно формулируется с большей детализацией. Так, показатели и целевые значения могут задаваться при помощи формул, объектов измерения, источников данных, периодов предоставления отчетности, плановых дат достижения целевых показателей и т. п. Инициативы также требуют документирования графиков работ, определения ресурсов, потенциальных рисков и преимуществ. Наконец, функциональные стандарты ССП предписывают графическое представление стратегии компании в виде карт стратегических целей, а также визуальную индикацию текущего состояния компании (в настоящее время

такие возможности имеются в программных приложениях для создания менеджерских панелей показателей). При достаточно четкой проработанности и структурированности концепция ССП остается открытой для изменений и нововведений и позволяет компаниям тем или иным образом адаптировать заложенный в ней инструментарий к своим нуждам. Зарубежные источники в настоящее время изобилуют примерами построения таких систем, как вполне успешных, так и вскрывающих определенные проблемы реализации этой концепции на практике.

Российские предприятия только начинают присматриваться к данному инструменту реализации стратегии, и потому убедиться воочию в ее действенности пока затруднительно. Тем не менее присмотреться к опыту компаний, которые в настоящее время внедряют ССП для стратегического управления, все же имеет смысл.

Технологически построение ССП для отдельно взятой компании включает несколько необходимых элементов:

– карту стратегических задач, логически связанных со стратегическими целями,

– карту сбалансированных показателей (количественно измеряющих эффективность бизнес-процессов, «точку достижения цели» и сроки, в

которые должны быть достигнуты требуемые результаты),

– целевые проекты (инвестиции, обучение и т. п.), обеспечивающие внедрение необходимых изменений.

– «приборные панели» руководителей различных уровней для контроля и оценки деятельности.

В табл. 1 представлен пример простейшего внедрения ССП для мастера на заказе с помощью балльной системы начисления и выплаты вознаграждения. Одним из основных показателей для их расчета является стоимость одного балла, которая влияет на конечную премию напрямую, поскольку ее расчет идет путем умножения полученных баллов на стоимость балла. Стоимость балла может быть различной для каждого сотрудника или для группы сотрудников и устанавливается работодателем, исходя из собственной оценки работника. Также стоимость одного балла может быть получена статистически обратным счетом от средней премии по данной отрасли и данной профессии.

В данном примере как основной для мастера является прибыль на заказе, конечно, цель может быть и другой по усмотрению руководства, к примеру, отклонение фонда оплаты труда от бюджета, или производительность подчиненных работников или любой другой измеримый показатель.

Таблица 1
Сбалансированная система показателей для оценки работы мастера (стоимость балла – 1600 руб.)

	Баллы	Вес	A	B	C	D	E	F	>F	Факт		
			превосходно 100	отлично 80	хорошо 60	удовл. 40	плохо 20	очень плохо 0	упущено -(20+x)	Счет	баллов	Оценка
I. Индивидуальные цели												
1. Финансовые цели												
Разница между расчетной и фактической валовой прибылью на заказе	95,00%		500,00	250,00	0,00	-250,00	-500,00	-750,00	< -750	0,00	60,00	57,00
2. Нефинансовые цели												
a. LTI на 200.000 рабочих часов	5,00%		1,50	20,00	2,50	3,00	3,50	4,00	> 4,00	2,50	60,00	3,00
	<u>100,00%</u>										<u>60,00000</u>	
											ИТОГО премия в руб.	96 000

Таблица 2
Сбалансированная система показателей для оценки работы руководителя проекта (стоимость балла – 3200 руб.)

	Баллы	Вес	A	B	C	D	E	F	>F	Факт		
			превосходно 100	отлично 80	хорошо 60	удовл. 40	плохо 20	очень плохо 0	упущено -(20+x)	Счет	баллов	Оценка
I. Индивидуальные цели												
1. Финансовые цели												
Разница между расчетной и фактической валовой прибылью всех проектов руководителя	60,00%		4,66	4,60	4,54	4,51	4,48	4,45	4,45	0,00	60,00	36,00
2. Нефинансовые цели												
a. LTI на 200.000 рабочих часов	5,00%		1,50	20,00	2,50	3,00	3,50	4,00	> 4,00	2,50	60,00	3,00
b. Инновационный менеджмент	5,00%		3,00	2,00	1,00	-	-	-	-	1,00	60,00	3,00
II. Цели компании												
2. EBIT (в тыс.руб. согласно IFRS)	30,00%		19,36	15,49	11,62	7,74	3,87	0,00	< 0,00	1,880	60,00	18,00
	<u>100,00%</u>										<u>60,00000</u>	
											ИТОГО премия в руб.	192 000

Сбалансированная система показателей для оценки работы ген. директора предприятия

Ген. директор: Сидоров С.С.
 Организация: "N"
 Год: 2010
 Сфера бизнеса: Судостроение
 Стоимость балла: 5 300р.
 Валюта: RUB
 Должность: Генеральный директор

Подразделение (филиал):			Сфера бизнеса			Группа предприятий		
Доход 2009	316 466		Доход 2009	1 029 000		Доход 2009	2 984 600	
Доход 2010 (бюджет)	214 000		Доход 2010 (бюджет)	986 000		Доход 2010 (бюджет)	2 456 000	
Доход 2010 (факт)	218 365		Доход 2010 (факт)	946 534		Доход 2010	2 387 956	
Прибыль 2009	2 560		ЕВБТ 2010 (бюджет)	49 300		ЕВБТ 2010 (бюджет)	122 800	
			ЕВБТ 2010 (факт)	47 327		ЕВБТ 2010 (факт)	124 398	
ЕВТ								
2010 (бюджет)	11 616							
2010 (III кв. бюджет)	10 700							
2010 (факт)	10 918							

	Баллы	Вес	A	B	C	D	E	F	>F	Счет	Факт	Оценка
			превосходно 100	отлично 80	хорошо 60	удовл. 40	плохо 20	очень плохо 0	упущено -(20 + x)			
I. Индивидуальные цели												
1. Финансовые цели												
a. Рост оборота (в тыс.руб.)	2,50%	2,50%	-101 966	-102 216	-102 466	-102 716	-102 966	-103 216	< -103216,00	-98 101	409,200	10,23000
b. Возврат вложенного капитала (% (в тыс.руб.))	30,00%	30,00%	465,72% (11 828)	459,72% (11 770)	453,72% (11 616)	450,72% (11 559)	447,72% (11 462)	444,72% (11 386)	< 444,72%	453,72% (11 816)	60,000	18,00000
c. Отклонение Бюджета по ЕВТ (абс. % от Дохода)	5,00%	5,00%	0,60%	0,90%	1,20%	1,80%	2,40%	3,00%	> 3,00%	0,32%	118,698	5,93489
d. Прогноз Экв. Отклонение от ЕВТ (абс. % от Дохода)	2,50%	2,50%	0,20%	0,30%	0,40%	0,60%	0,80%	1,00%	> 1,00%	0,10%	120,011	3,00026
2. Нефинансовые цели												
a. Удовлетворенность сотрудников	2,50%		оценка по ежегодному обзору						-	C	60,000	1,50000
b. Усовершенствование риск-менеджмента	2,50%		оценка по ежегодному обзору						-	C	60,000	1,50000
c. Новшества, инновации	2,50%		12	10	8	6	4	2	< 2,0	8	60,000	1,50000
d. Удовлетворенность потребителя, клиента	2,50%		оценка по ежегодному обзору						-	C	60,000	1,50000
II. Цели сферы бизнеса												
1. Доход по сравнению с прошлым годом (%)	5,00%		5,82%	0,82%	-4,18%	-9,18%	-14,18%	-19,18%	< -19,18%	-8,01%	44,659	2,23293
2. ЕВБТ/Доходу	15,00%		7,60%	6,30%	5,00%	3,60%	2,20%	0,80%	< 0,80%	5,00%	60,000	9,00000
III. Цели группы												
1. Доход по сравнению с прошлым годом (%)	5,00%		-11,71%	-14,71%	-17,71%	-20,71%	-23,71%	-26,71%	< -26,71%	-19,99%	44,801	2,24005
2. ЕВБТ (в тыс.руб.)	25,00%		125 400	124 100	122 800	121 500	120 200	118 900	< 118900,00	124 398	84,582	21,14538
	<u>100,00%</u>											<u>77,78351</u>
											ИТОГО премия в руб.	427 819

В табл. 2 представлен немного усложненный вариант для руководителя проекта. Помимо зависимости его премии от прибыли по всем ведомым проектам также присутствует связь с целью компании в целом, а именно ЕВТ. Также добавлены в индивидуальные нефинансовые показатели инновационного менеджмента, которые могут быть рассчитаны на усмотрение начальника (к примеру, директора по производству) как количество нововведений в управлении и ведении проекта. На первый взгляд, оценка может показаться субъективной, но зарубежный опыт показывает, что этот показатель стимулирует персонал к оптимизации управления и использования рабочей силы.

В табл. 3 представлен наиболее сложный пример внедрения ССП для генерального директора. В этом расчете уже участвуют различные показатели, оцениваемые как расчетным путем, так и при статистическом опросе сотрудников (удовлетворенность со-

трудников). Также могут внедряться показатели, оцениваемые непосредственно учредителями или советом директоров, но при этом возникает риск недопонимания со стороны генерального директора, и поэтому, как правило, выбираются показатели, оцениваемые без участия таковых.

Также в расчете ССП для генерального директора внедрена зависимость бонуса от результатов в его сфере работы и группы компании в целом. Это важно, особенно для крупных компаний, которые имеют несколько сфер деятельности и большое количество филиалов или дочерних компаний.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотренная методика позволяет поставить премирование работников в прямую зависимость от производственных показателей предприятия в целом.

2. Дифференцированный подход к вертикально интегрированным в сис-

тему управления производственным персоналом позволяет объективно оценивать их долю в производимом валовом продукте и прибыли предприятия.

3. Некоммерческие цели, оцениваемые ключевыми показателями эффективности, ведут к стимулированию развития личности и квалификации управленческих и инженерных кадров, а также концентрируют внимание сотрудника на цели, поставленные непосредственно перед ним.

4. Появляется возможность справедливо вознаграждать работников участвующих в разномасштабных проектах.

5. Рубль как вознаграждение за трудовые успехи работает во благо предприятия.

Данная методика является универсальным инструментом премирования и может применяться как в компаниях малого и среднего бизнеса, так и в больших корпорациях. ■



ОДИННАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕВА – 2011»

(письмо № 09-4070 от 27. 07. 2010)

В период с 20 по 23 сентября 2011 г. в Санкт-Петербурге пройдет 11-я Международная выставка и конференция по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «Нева-2011» – одна из крупнейших в мире среди гражданских морских выставок.

В 2011 г. Международной выставке и конференции по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «Нева» исполняется 20 лет.

Организованная в 1991 году, она по праву занимает одно из ведущих мест среди международных гражданских морских выставок.

Выставка и конференция «Нева» проходит при участии более 600 фирм и предприятий из 40 стран мира, пользуется поддержкой Морской Коллегии при Правительстве РФ, Министерства транспорта РФ, Российской академии наук, Правительства и Морского совета Санкт-Петербурга, Союза российских судовладельцев, Ассоциации морских торговых портов, Союза производителей нефтегазового оборудования, Объединенной судостроительной корпорации, ведущих предприятий и научных центров судостроительной промышленности и смежных отраслей.

Целью проводимых мероприятий является:

– демонстрация и продвижение продукции и услуг российских разработчиков и производителей на мировой рынок,

– поддержка промышленного экспорта России,

– содействие международной кооперации в области инновационного развития судостроения,

– трансфер в национальную промышленность передовых национальных и зарубежных технологий и инвестиций в области гражданского судостроения и производства морской техники,

– продвижение международного имиджа российского судостроения и судоходства как конкурентоспособного и полноправного партнера на глобальных морских рынках,

– содействие международному научно-техническому обмену, способствующему наращиванию стратегической конкурентной позиции гражданского судостроения России на национальном и международном рынке продаж.

Тематические разделы выставки и конференции «Нева» охватывают вопросы:

– состояния и перспектив развития мирового судостроения и судоходства, изучения и освоения минеральных сырьевых ресурсов океана и шельфа, включая развитие методов, средств и технологий, позволяющих успешно выполнять эту работу в натуральных условиях,

– безопасности мореплавания, судоходства и развития средств технического обеспечения портовой деятельности.

Выставка и конференция «Нева» активно содействуют:

– интеграционным процессам в судостроении и смежных отраслях,

– взаимодействию зарубежных и отечественных потребителей продукции судостроения (судовладельцев и компаний, осуществляющих морскую добычу) с ее производителями,

– взаимодействию производителей с разработчиками и поставщиками максимально широкого ассортимента механизмов, агрегатов, комплектующих и судовых систем, что способствует принципиальному изменению стратегической конкурентной позиции гражданского судостроения России и завоеванию значительной доли мирового рынка продаж.

Участие в 11-й выставке и конференции «Нева-2011» будет способствовать продвижению продукции на отечественный и международный морской рынок, повышению международного авторитета российского судостроения.

Научно-методическое и организационно-техническое обеспечение участия в проводимых мероприятиях предприятий судостроительной отрасли Департамент судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга возлагает на ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова».

Л.В. Стругов,

директор Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России

Заявки на участие в конференции направлять по адресу: ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова», 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44.

Телефон (812) 727-96-25, факс (812) 727-95-94.

E-mail: krylov@krylov.spb.ru.

www.krylov.com.ru

Заявки на участие в выставке направлять по адресу: ЗАО «Транстех Нева Эксибишнс», 199106, Санкт-Петербург, Большой проспект, В. О., 103, «Ленэкспо».

Телефон (812)321-26-76, факс (812) 321-26-77.

E-mail: ttn@peterlink.ru.

www.transtec-neva.ru

В межвоенный период (1918 – 1939) многие страны с большим вниманием отнеслись к проектированию и строительству не только классических авианосцев, но и гидроавианосцев и авиатендеров, которые получили распространение и апробацию в боевых условиях в годы Первой мировой войны. Во многом это было связано с желанием большинства государств иметь в составе своих флотов корабли с авиационным вооружением и вместе с тем отсутствие сил и средств на создание полноценных авианосцев.

Строительство кораблей, вооруженных гидросамолетами, было оправдано и тем, что на их авиацию возлагались прежде всего задачи авиационной разведки в интересах соединения, поскольку использование специального гидроавианосца на 15–20 самолетов-разведчиков с высокой скоростью хода и оборудованного катапультами, выводило авиационную разведку соединения на качественно новый уровень.

Важными факторами, давшими толчок новому витку строительства гидроавианосцев, стали развитие тактики вооруженной борьбы на море и возможность применения на них катапульта, обеспечивавших старт гидросамолетов на ходу корабля и независимо от состояния моря, а также изобретение так называемого посадочного тента.

Впервые предложил использовать парусиновое полотнище для приема на корабль гидросамолета латвийский инженер Кивуль в 1927 г. По его замыслу, летчик, произведя посадку на воду, должен был подвести самолет к такому полотнищу, спущенному с кормы корабля, и, сбавляя обороты двигателя, с ходу подняться на него. От соскальзывания назад самолет предохраняли деревянные рейки, за которые он цеплялся реданами своих поплавков. После этого с корабля подавался трос, которым самолет затягивался по полотнищу на палубу. Затем выбирался и сам тент. Все эти операции должны были осуществляться по ходу корабля.

В конце 1928 г. Кивуль испытал свой тент на пароходе Североамериканского Ллойда «Roland». Первый тент представлял собой гигантское полотнище длиной около 100 м и шириной 20 м. Такие размеры делали практически неприемлемым его применение на кораблях. Позднее на пароходе «Lutzow» был испытан тент, укороченный примерно до 70 м. Результаты его испытания были неплохими, но крупным недостатком являлось снижение хода корабля на 15–20% из-за сетки торможения, натягивающей тент.

Несколько позднее инженером Гейном была предложена улучшенная конструкция тента, позволявшая не только принимать самолеты на борт корабля,

АВИАТЕНДЕРЫ ВМС США, 1918–1939 гг.

*Д.В. Курочкин, канд. техн. наук, нач. бюро ВЭД ОАО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. +7 921 944 2031*

но и спускать их на воду. Тент Гейна был установлен на французском крейсере «Marchal Fosh», гидроавианосце «Commandante Teste», линкоре «Deutschland», гидроавианосцах «Westfalen» и «Schwanenland».

Следует упомянуть о том, что в рассматриваемый период помимо специализированных гидроавианосцев было построено несколько кораблей со смешанным авиационным вооружением, которые несли как самолеты, так и дирижабли, обретшие второе дыхание в 20–30-е гг. XX в.

Также в это время в значительных количествах строились и переоборудовались из кораблей других классов так называемые малые авиатендеры – своеобразные вспомогательные суда, предназначенные для транспортировки, ремонта, заправки, буксировки гидросамолетов, спасения летчиков. На них находились ремонтные мастерские, необходимый запас авиатоплива и запасных частей. Далеко не все они могли даже принимать гидросамолеты на борт. Тем не менее корабли этого класса, несомненно, заслуживают внимания, поскольку были весьма многочисленны и предназначены для взаимодействия с более крупными авиатендерами и гидроавианосцами.

Здесь необходимо сказать несколько слов о терминологии. Корабли периода Первой мировой войны, способные нести гидросамолеты, принято называть гидроавианосцами, если они имели взлетную палубу, либо гидроавиатранспорты, если они таковой не имели. В принципе, ко всем авианесущим кораблям этого периода (за исключением первых авианосцев) применим как один, так и другой термин.

Что касается нового поколения кораблей, вооруженных гидросамолетами, то *гидроавианосцами* будем именовать исключительно корабли, оборудованные приспособлениями для быстрого запуска самолетов – катапультами. Корабли, предназначенные для базирования и транспортировки достаточного большого количества гидросамолетов, их обслуживания и т. п., но без катапульта – *авиатендеры*. Малые авиатендеры – это вспомогательные корабли, в основном переоборудованные из тральщиков, эсминцев и т. п.

Соединенные Штаты вступили в Первую мировую войну, не имея в со-

ставе своих ВМС ни одного гидроавианосца и за всю войну не построили ни одного корабля этого класса. По завершении боевых действий американский флот вернулся к опытам по базированию гидросамолетов и аэростатов на корабли, которые в ограниченном объеме проводились еще до войны.



«Wright» с гидросамолетами на верхней палубе

Первый послевоенный американский авиатендер «Wright» был переоборудован из сухогруза, спущенного на воду 28 апреля 1920 г. Уже в июне того же года началось его переоборудование в аэростатоносец. Оно включало в себя установку подъемных приспособлений для гидросамолетов и площадку на корме для обслуживания змейкового аэростата. Причальная мачта для дирижаблей отсутствовала. Обширные грузовые трюмы использовали для оборудования различных мастерских. «Wright» был единственным кораблем ВМС США, который имел обозначение AZ – airship tender – аэростатоносец (буква «Z» обозначала «airship» – аэростат). В этой роли он вошел в состав флота 16 декабря 1921 г. До середины 1922 г. использовался для совместного базирования змейкового аэростата и нескольких гидросамолетов, а затем его змейковый аэростат перевели на береговую базу, и корабль действовал уже как авиатендер, принимая участие в маневрах, в которых проверялись возможности взаимодействия флота и авиации.

11 ноября 1923 г. «Wright» переклассифицировали в AV1 – seaplane tender, и он стал, таким образом, первым американским кораблем, получившим это обозначение. Однако полностью переоборудован корабль был только в июле–декабре 1926 г. в Норфолке. Переоборудование заключалось в демонтировании кормовой площадки и устройств для обслуживания аэростата (отсутствие рабочей площадки после реконструкции отлично видно на фотоснимках авиатендера), а также установке

дополнительных подъемных устройств для гидросамолетов.

В 20-е гг. служба корабля проходила у восточного побережья Соединенных Штатов. В начале Второй мировой войны использовался как транспорт снабжения, а с середины 1942 г. вновь в качестве авиатендера. Продан на слом уже после окончания войны – в 1948 г.

Вторым кораблем ВМФ США со смешанным авиационным вооружением стал танкер «Patoka» АО 9. В 1924 г. он был переоборудован для базирования жестких дирижаблей, для чего его специально оснастили причальной мачтой высотой 27,4 м, расположенной на корме. В нос от этой мачты располагались краны для подъема гидросамолетов и место для их хранения. Следует отметить, что этот корабль предназначался прежде всего для обслуживания именно аэростатов, а гидросамолетам отводилась второстепенная роль.



«Los Angeles» у причальной мачты USS Patoka

На «Patoka» базировались два дирижабля: «Shenandoah» ZR 1 и «Los Angeles» ZR 3. Первый из них разбился в сентябре 1925 г., а второй был списан в 1932 г. В результате «Patoka» остался без своего основного вооружения и 31 августа 1933 г. был выведен в резерв. Все это время корабль классифицировался как танкер АО 9, и никогда не нес обозначения AZ, подобно «Wright».

11 октября 1939 г. получил обозначение AV 6 и вновь вошел в состав флота 10 ноября того же года. Под этим обозначением совершил всего один поход, но при этом действовал как танкер. В итоге, 19 июня 1940 г. был вновь классифицирован как АО 9. После этого использовался в качестве танкера и вспомогательного судна. Выведен из состава флота в 1946 г. и отправлен на слом в 1949 г.



Авиатендер «Jason»

Кораблем, получившим обозначение AV2, стал авиатендер «Jason». Этот угольщик, вероятно, специально не переоборудовался. В 1925 г. был переведен

на Дальний Восток и с этого момента вплоть до вывода в резерв обеспечивал действия гидросамолетов, а также использовался в качестве транспорта, судна снабжения и т.д. По всей видимости, самолеты на его палубу никогда не базировались. Обозначение AV получил только 21 января 1930 г., а 30 июня 1932 г. выведен в резерв и продан на слом в 1936 г.



Авианосец «Langley» после переоборудования в авиатендер

Также в авиатендер был переоборудован первый американский авианосец «Langley». Это произошло в связи с решением строить новый авианосец «Wasp» (CV-7), под который было необходимо освободить подходящий к концу тоннаж, выделенный по Вашингтонскому соглашению флоту США на авианосцы. С 25 ноября 1936 г. по 26 февраля 1937 г. «Langley» прошел переоборудование, в ходе которого с него демонтировали носовую треть полетной палубы, установили подъемное оборудование для гидросамолетов и 11 апреля 1937 г. переклассифицировали в гидроавиатранспорт (AV-3); 21 апреля 1937 г. вошел в строй в новом качестве. В начале войны использовался в качестве авиатранспорта. 27 февраля 1942 г. был потоплен после налета японской базовой авиации в 75 милях южнее Чилачапа.

Последними довоенными авиатендерами ВМФ США, переоборудованными из торговых судов, стали «Aroostook» и «Shawmut» – сухогрузы, приобретенные флотом в 1917 г. для использования в качестве транспортов, но действовавшие как минные заградители. Они прошли переоборудование в минзаги на «Boston Navy Yard» и вступили в строй соответственно 07 декабря 1917 г. и 07 января 1918 г.



Авиатендер «Aroostook» после переоборудования из торгового судна

При последующем переоборудовании в авиатендеры («Aroostook» в начале 1920 г., «Shawmut» – в начале 1919 г.) с них были демонтированы минные пути, установлены краны для гидросамолетов, оборудование для их ре-

монта и обслуживания. Кроме того, на «Shawmut», помимо гидропланов, мог базироваться змейковый аэростат. Тем не менее на кораблях было все-таки сохранено некоторое оборудование для постановки мин, и, видимо, поэтому, 17 ноября 1920 г. «Aroostook» получили обозначение CM 3, а «Shawmut» – CM 4 (CM – минный заградитель) и продолжали нести его в течение всего срока службы. Оба корабля пошли на слом уже после Второй мировой войны.

Кроме вышеозначенных кораблей, ВМС США использовал огромное количество малых авиатендеров. Они вводились в строй большими сериями и, несомненно, должны быть упомянуты для полноты освещения вопроса. Первыми из этих кораблей стали авиатендеры класса «Lapwing» (AVP 1 – AVP 9) – изначально небольшие тральщики, заложены в 1917–1918 гг.



Подготовка к спуску AVС-1

Они не прошли практически никакой модернизации для службы в новой роли. Кормовая рабочая площадка была удачно приспособлена для размещения и обслуживания одного гидросамолета, а подъемная стрела для рабочей шлюпки – для работы с гидропланом. Правда, эти малые корабли могли работать лишь с небольшими, устаревшими самолетами.

22 января 1936 г. все получили обозначение AVP – малые авиатендеры (small seaplane tenders). Перед Второй мировой войной обычно действовали совместно с большими авиатендерами. Интересно, что AVP 8 и AVP 9 предназначались для действий в качестве авиакораблей сразу после ввода в строй (1919 г.), но, как и остальные корабли этого класса, выполняли и вспомогательные задачи. Вскоре после окончания войны корабли пошли на слом.

В составе ВМС США в предвоенные годы появился также ряд быстроходных авиатендеров, переоборудованных из эсминцев и классифицированных как эсминцы-авиатендеры (AVD-destroyer-seaplane tenders).

Авиатендеры ВМС США, 1918 – 1939 гг.

Авиатендер	Введен в строй	Водоизмещение, т ст / п	Длина наиб., м	Ширина наиб., м	Осадка, м	Скорость, уз	Тип ГЭУ, мощность, л.с.	Вооружение	Экипаж, чел.	Гидросамолеты, шт., либо назначение
«Wright» AZ 1, AV 1	16.12.1921	8675 / 11500	136.6	17.68	7.16	15.0	Паротурбинная, 6000	2x127/51 2x76/50 зен. 2 пул.	ок. 300	1 аэростат, впоследствии ГСМы (до 12)
«Patoka» AV 6	07.1924	? / 16000	127.4	18.29	7.93	14.0	Паровая машина, 5200	2x127/51; 2x76 зен.	170	Прич. мачта, 3–4 ГСМ
«Jason» AV 2	1925	? / 19250	163.4	19.81	8.38	14.0	Паровая машина, –	При постройке 4x102	82	Aviation support ship
«Langley» AV 3	21.04.1937	11500 / 15150	165.2	19.96	ок. 6.50	15.0	Турбоэл., ок. 7000	4x127/51, пул.	714	Гидросамолеты
«Aroostook» CM 3 (ex. Bunker Hill)	1920	3800 / 5000	120.4	15.85	4.88	20.0	Паровая машина, 7000	1x127/51 2x76/50 зен. 2 пул.; ок. 300 мин	Ок.370	« »
«Shawmut» CM 4 (ex. «Massachusetts»)	1919	3800 / 5000	117.7	15.85	4.88	ок.16.0	Паровая машина, 7000	1x127/51 2x76/50 зен. 2 пул.; ок. 300 мин	Ок.370	Гидросамолеты зм. аэростат
Авиатендеры класса «Larwing» (AVP 1–9)	См. Табл. 25	840 / 1400	57.0	10.82	4.12	14.0	Паровая машина, 1400	Первоначально 2x76/50 зен.	Ок.180	Мог принимать на борт 1 ГСМ

В результате американский флот вплотную подошел к созданию специализированных авиатендеров. До Второй мировой войны они успели заложить два однотипных корабля этого класса – «Curtiss» AV 4 и «Albemarle» AV 5, которые предназначались для обеспечения техобслуживания, ремонта, снабжения и выполнения командных функций для эскадрильи патрульных гидросамолетов дальнего действия. Предполагалось использовать их и в качестве плавбаз в передовых районах, поэтому они были довольно сильно вооружены (4 127-мм орудия и 4 счетверенных 40-мм зенитных автомата) и имели все средства, необходимые для сохранения оперативности своей эскадрильи в течение продолжительного времени.

В конце Первой мировой войны американский флот экспериментировал с небольшими скоростными самоходными платформами для запуска самолетов, известными как «Sea sled». В конце 30-х гг. американцы ударились в другую крайность, спроектировав громадную авианосную баржу. В сущности, она строилась как носитель специальной катапульты, предназначенной для запуска гигантского гидросамолета. Это судно, получившее обозначение Catapult Lighter №1 (AVC 1) и неофициально прозванное «Silver Queen», было заложено 29 мая 1939 г. на «Philadelphia Navy Yard».

Водоизмещение этого сооружения – 5800 т, длина – 424 фута (129,2 м). Гидросамолет мог быть поднят на борт баржи по кормовому слуху. Баржу спустили 17 августа 1940 г., при 72%-ной готовнос-

ти и 17 декабря 1941 г. AVC 1 вошла в состав флота.

Естественно, во время войны флоту было уже не до экспериментальных гидросамолетов, и именно этот факт во многом предопределил последующее свертывание программы. Предполагалось, что корабль будет оснащен дизельной ГЭУ, но монтаж механизмов отменили вместе с закрытием программы проектирования гигантского гидроплана. Некоторое время «Silver Queen» использовалась в качестве опытового судна для испытания катапульт. В 1956 г. ее продали гражданскому флоту. Согласно некоторым источникам, в том же году она пошла на слом, но на самом деле «Королеве» удалось дотянуть до середины 70-х гг. в качестве землестроительной шаланды под названием «Pulrwood 1».

Таким образом, в межвоенный период ВМС США значительное внимание уделяли строительству авиатендеров, пренебрегая проектированием и строительством полноценных гидроавианосцев, оборудованных катапультами.

Судостроительная программа 1936 г. предусматривала строительство четырех авиатранспортов водоизмещением 10500 т на 24 гидросамолета-разведчика (такое количество гидропланов явно требовало наличия катапульт), и семь авиатендеров водоизмещением 1500 т.

Однако первые (и единственные) малы авиатендеры специальной постройки появились в составе флота США уже в годы Второй мировой войны (класс «Varnegat»), а гидроавианосцы с катапультами вообще не строились. Строительство быстроскоростных гидроавианосцев и введение их в состав авианосных ударных

соединений позволяло реорганизовать состав авиагрупп американских авианосцев, значительную часть которых составляли самолеты-разведчики и увеличить их ударную мощь, но американский флот абсолютно пренебрег этой возможностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев Н.Я., Гордон Л.А. Авиакорабли и техника эксплуатации корабельных самолетов. – Л.: Изд. ЛКВВИА, 1951
2. Платонов А.В. Несостоявшиеся авианосные державы. – СПб., 1999.
3. Советская военная энциклопедия / Гл. ред. Е.С.Дьяченко. – М.: Воениздат, 1976–1980.
4. Шведе Е. Военные флоты 1936 г. – М.: Воениздат, 1936.
5. Шерман Ф. Война на Тихом океане. – М.: ООО «Изд-во АСТ»– СПб.: Terra Fantastica, 1999.
6. Vas József. Repölögép-hordozók. – Budapest, 1987.
7. Conway's All the world's fighting ships 1922–1946. – London: Conway Maritime Press, 1995.
8. Brown David. Carrier operations in World War II. – London: Ian Allan Ltd., 1974.
9. Flugzeugträger der US Navy. Editor Stefan Terzibaschitsch. – Berlin, 1986.
10. Jane's Fighting Ships, 1925 – 1940.
11. Zalewski Krzysztof. Lotniskowce II wojny światowej. – Cz. I–II. – Warszawa, 1994.
12. The British Aircraft Carriers. – Editor Norman Campbell. IDG Books Worldwide inc. 1983. ■

Десятый морской министр, вице-адмирал, член Государственного Совета Алексей Алексеевич Пещуров родился 21(9) мая 1834 г. в селе Лосево Мосальского уезда Калужской губернии.

Своего отца Алексея Петровича, действительного статского советника обер-прокурора 7-го Департамента правительствующего Сената, Мосальского уездного предводителя дворянства (Калужская губерния), он не помнил, так как родился спустя пять месяцев после его смерти. Отец умер 13(1) января 1833 г. в возрасте 38 лет. Кроме Алексея в семье было четверо детей: три сына – Михаил, Петр и Дмитрий и дочь Елена. Маленький Алексей воспитывался матерью, действительной статской советницей Вильгельминой Васильевой. Рос Алексей любознательным, характер имел целеустремленный, настойчивый и твердый, что во многом определило в дальнейшем его уверенное продвижение по службе.

В октябре 1841 г. мать семилетнего Алексея написала в Морское министерство прошение: «Сына моего, Алексея Пещурова, имеющего от роду 7 лет и обученного чтению и письму по-русски и по-французски,.. прошу принять в Морской кадетский корпус, а что он имеет действительно дворянское достоинство и что действительно есть мой законный сын, представляю при сем свидетельство...».

21(9) марта 1848 г. Алексей поступил в Морской кадетский корпус, а через три с половиной года он был произведен в гардемарины. Действительная служба официально ему засчитывалась через два года после поступления с 21(9) мая 1850 г.

После окончания в 1852 г. Морского корпуса в звании гардемарина он был назначен для дальнейшей службы на 52-пушечный фрегат «Паллада». Командиром фрегата был воспитанник Лазаревской школы флигель-адъютант капитан-лейтенант Иван Семенович Унковский. В 1852 г. русское правительство решило отправить на фрегате «Паллада» делегацию в Японию для установления торговых и дипломатических отношений. Руководителем делегации был назначен вице-адмирал Ефим Васильевич Путятин (в последующем адмирал). В этой делегации также принял участие выдающийся русский писатель Иван Александрович Гончаров. В плавании он исполнял обязанности секретаря начальника экспедиции вице-адмирала Е.В.Путятина и одновременно вел путевые заметки. В результате двухлетнего

ДЕСЯТЫЙ МОРСКОЙ МИНИСТР ИМПЕРАТОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ А.А. ПЕЩУРОВ

*С.П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС,
заслуженный работник высшей школы России,
контакт. тел. (812) 4319423*



путешествия и появился двухтомный очерк «Фрегат «Паллада».

Хмурым осенним утром 7 октября (25 сентября) 1852 г., приняв на борт более чем годовой запас сухой провизии и других припасов, укомплектованный опытным экипажем из 426 матросов и офицеров, фрегат «Паллада» вышел из Кронштадта к берегам далекой Японии. В этом плавании членом экипажа «Паллады» был также будущий министр путей сообщения адмирал Константин Николаевич Пошеть.

В проливе Зунд фрегат из-за густого тумана сел на мель у мыса Драго на датском берегу. Экипажу удалось с помощью верпов стянуть «Палладу» с мели на чистую воду, но, пройдя на Спидхедский рейд (Англия), Е.Путятин принял решение ввести фрегат в док для осмотра и ремонта, который занял больше месяца. В первых числах ноября фрегат «Паллада» был готов к выходу в океан. Но из-за сильных встречных западных ветров, часто переходящих в шторм, выйти в Атлантику удалось лишь в январе следующего 1853 г. Время было упущено, и Е.Путятин отказался от намерения идти в Тихий океан вокруг мыса Горн (Южная Америка): он опасался встретить шторм

мную погоду и плавающий лед. Новый курс к берегам Японии И.Унковский проложил вокруг мыса Доброй Надежды.

Во время стоянки в Англии Е.Путятин приобрел парусно-винтовую шхуну «Восток», чтобы использовать ее как посыльное судно и для гидрографической съемки малоизвестных берегов. Командиром «Востока» был назначен капитан-лейтенант Воин Андреевич Римский-Корсаков (впоследствии директор Морского кадетского корпуса и академических курсов морских наук, преобразованных в 1877 г. в Николаевскую морскую академию).

24 марта 1853 г. после 78-дневного океанского перехода фрегат прибыл в Симонстаун – бухту у подножия Столовой горы (южная оконечность Африки). Спустя неделю подошла и шхуна «Восток». Здесь кораблям пришлось задержаться на целый месяц. Требовалось подготовить их к длительному переходу через Индийский океан, к тому же корпус «Паллады» дал течь, и его пришлось снова конопатить изнутри и снаружи.

12 апреля «Паллада», а днем раньше шхуна «Восток», подняв паруса, ушли из гостеприимной бухты. В 120 милях к востоку от мыса Игольного фрегат выдержал очередной жестокий шторм. От сильной качки и ударов волн несколько бимсов стонулись с мест, а в пазах под русленями открылась течь. Это вынудило Е.Путятину принять решение о замене фрегата «Паллады», которого ожидало более чем годовое трудное плавание в морях Дальнего Востока. Е.Путятин отправил в Петербург депешу с просьбой выслать на смену «Палладе» «Диану» – новый 52-пушечный фрегат, спущенный на воду в Архангельске в мае 1852 г.

От мыса Доброй Надежды до Зондского пролива фрегат «Паллада», несмотря на тяжелые шторма, прошел за 32 дня 5800 миль и 12 июня пришел в Гонконг, где его уже ожидала шхуна «Восток». Дальнейший курс кораблей

лежал в Японию. На пути к о-вам Бонин в районе Филиппинской впадины 9 июля фрегат попал в свирепый тайфун. Идя в бакштаг с наглухо зарифленными марсельями и спущенными брам-стенгами, он неся с невиданной для него скоростью 14–15 уз. Но потом ветер стал менять направление, и размаха качки достигли 45°. Один раз фрегат так накренился, что нок и грота-рея ушли на мгновение в воду. Более 30 часов продолжалась схватка с разбушевавшейся стихией. 26 июля фрегат «Паллада» вошел в порт Ллойд (Футами) на о. Пиль (Титидзима), где его ожидали русские корвет «Оливца», транспорт «Князь Меншиков» и шхуна «Восток». После исправления повреждений отряд Е.Путятин 4 августа покинул порт Ллойд и уже через шесть дней бросил якорь в Средней гавани.

Во время этого плавания молодого гардемарина А.Пещурова 25 (13) августа 1853 г. произвели в мичманы, и молодой офицер участвовал как стенографист во всех дипломатических переговорах вице-адмирала Е.Путятин. Хотя японские власти приняли в Нагасаки русских любезно, в переговорах они придерживались тактики проволочек. Не имея возможности ускорить переговоры, Е.Путятин прервал их и в конце января 1854 г. увел свои корабли в Манилу. После кратковременной стоянки фрегат «Паллада» направился для гидрографического описания почти неисследованного восточного берега Кореи. Тогда под руководством К.Н.Посьета русские моряки открыли заливы, получившие имена Посьета и Ольги, бухты Унковского и Лазарева, острова Хализова и Гончарова и рейд «Паллада».

На Дальнем Востоке А.Пещуров принимал личное участие в описании и нанесении на карту берегов Японского моря, он также составил описание нагасакского порта Японии. 17 мая фрегат прибыл в Татарский пролив, где встретил шхуну «Восток», которая доставила весть о вступлении Англии и Франции в Крымскую войну, а также распоряжение генерал-губернатора Восточной Сибири Н.Н.Муравьева всем русским судам на Дальнем Востоке собраться в заливе Де-Кастри.

16 (4) октября 1853 г. фрегат «Диана» под командованием капитан-лейтенанта С.С.Лесовского покинул Кронштадтский рейд и отправился в кругосветное плавание, взяв курс на Дальний Восток для замены фрегата «Паллада» и 23 (11) июля 1854 г. прибыл в бухту Де-Кастри, соединившись с отрядом Е.Путятин. Вся дипломатическая миссия во главе с Е.Путятиным пере-

села на фрегат «Диана», в том числе и А.А.Пещуров с И.А.Гончаровым.

8 октября (26 сентября) С.Лесовский снялся с якоря и взял курс на Японию. Побывав в японских городах Хакодате и Осака, А.А.Пещуров на «Диане» 4 декабря (22 ноября) прибыл на рейд города Симода, где фрегат простоял на якоре до 14 (2) января 1855 г.

23(11) декабря 1854 г. в бухте Симода в 10 часов утра произошло мощное землетрясение, затем на город пошла цунами, и несколькими громадными волнами город Симода был полностью разрушен. К 15 часам волнение моря стало затихать. Фрегат «Диана» уцелел, но получил серьезные повреждения, и для ремонта корабль решено было перевести в закрытую от ветров бухту Хеда в 15 милях от Симода. 14 (2) января 1855 г., исправив кое-какие повреждения и поставив временный руль, фрегат вышел из Симода, но в результате шторма у берега затонул. После гибели «Дианы» было принято решение построить новую шхуну. Через два с половиной месяца шхуна, в постройке которой активное участие принимал мичман А.А.Пещуров, была готова. «Хеда» (так назвали судно) оказалась весьма удачной.

В конце апреля на этой шхуне А.Пещуров с частью экипажа «Дианы» вышел в море, обогнул Японию с юга и 20(8) июня 1855 г. пришел в Николаевский пост (Николаевск-на-Амуре).

На пароходе «Надежда» А.Пещуров сопровождал Е.В.Путятин вверх по Амуру до поселка Усть-Стрелка. Во время плавания он исправил и дополнил карту реки. В Санкт-Петербург Алексей Алексеевич вернулся по суше вместе со свитой вице-адмирала Е.В.Путятин. За три года заграничного плавания он получил прекрасную морскую практику и усвоил азы дипломатической работы.

12 декабря (30 ноября) 1855 г. А.Пещуров был произведен в лейтенанты с назначением 11 января 1856 г. (30 декабря 1855 г.) адъютантом к начальнику штаба военного генерал-губернатора г. Кронштадт.

11 апреля (30 марта) 1856 г. по случаю заключения мира по Крымской (Восточной) войне 1853 – 1856 г. А.Пещуров был отчислен от должности адъютанта с зачислением в 16-й флотский экипаж и награжден бронзовой медалью в память этой войны.

5 августа (24 июля) 1856 г. Алексей Алексеевич был командирован за границу в распоряжение находившегося там генерал-адъютанта вице-адмирала Е.В.Путятин.

26 февраля (по стар. ст.) 1857 г. его назначили агентом по приказам Морско-

го министерства в Англии и Франции, где он находился до 1860 г. А.Пещуров стал ведать техническими закупками в этих странах, руководил отправлениями их в Россию. В сентябре 1858 г. Алексея Алексеевича наградили орденом Св. Анны 3-й степени. В Англии молодой лейтенант познакомился с дочерью лютеранского священника Барбарой Франциской Элиот, урожденной Беней. Молодые люди полюбили друг друга, и Барбара стала женой лейтенанта, а по окончании командировки уехала с ним в Россию, и стала Варварой Вениаминовной Пещуровой. Православную веру она не приняла.

В сентябре 1858 г. А.Пещуров был награжден орденом Св. Анны 3-й степени. В марте 1860 г. А.Пещурова назначают командиром мелкосидящего 7-пушечного клипера «Гайдамак», а 29 (17) октября 1860 г. за отличия по службе производят в капитан-лейтенанты.

1860 – 1864 гг. он провел в плавании, командуя клипером «Гайдамак». Из Кронштадта в Тихий океан Алексей Пещуров перешел вокруг мыса Горн, ходил в Русскую Америку (был в Сан-Франциско), к берегам Китая, Японии и Камчатки, после чего возвратился в Кронштадт. Во время плавания описывал берега, населяющие их народы, их обычаи и образ жизни. Впоследствии целый ряд его статей был напечатан в журнале «Морской сборник» за 1856 – 1863 гг. Под командованием А.Пещурова на клипере «Гайдамак» находился молодой мичман К.М.Станюкович, будущий писатель-маринист. В своем рассказе «На камнях» он описывает эпизод из этого плавания (в рассказе этот клипер именуется «Красавицей»), когда ночью клипер сел на рифы в Китайском море. Вот как свидетельствует К.Станюкович о действиях капитана в эти критические минуты: «Я взглянул на художавую, невысокую фигуру капитана, стоявшую в полосе слабого света от огня компаса, рассчитывая по выражению его лица узнать о степени грозившей нам опасности. Ни черточки страха или волнения! ». Надо отметить, что «Гайдамак» благополучно сошел с камней через четыре с половиной минуты, благодаря умелым действиям капитана и команды.

В 1861 г. А.Пещуров открыл и описал ранее неизвестную бухту, которую в честь своего судна назвал бухтой Гайдамак. 13(1) января 1864 г. он был награжден орденом Св. Владимира 4-й степени, а 25(13) марта 1864 г. был переведен в 10-й флотский экипаж.

13 (1) января 1865 г. А.А.Пещуров был произведен в капитаны 2 ранга. 3 августа (21 июля) того же года его

прикомандировали к Кораблестроительному департаменту для решения проблем с выделкой и испытаниями якорей и канатных цепей. Своими советами он много способствовал ее успешному разрешению. Но на этом поприще он задержался недолго и 16 (4) октября был назначен командиром броненосного двухбашенного фрегата «Минин».

Новые изменения в судьбу А.А.Пещурова внес 1866 г. – 26 февраля (по стар. ст.) его перевели в 1-й флотский экипаж, а 16 (4) апреля командировали на четыре месяца в Англию для ознакомления с особенностями снабжения броненосных судов. Командировка была продлена по 13 (1) сентября 1866 г.

Учитывая дипломатические способности и опыт А.А.Пещурова, 27 (15) мая 1867 г. его командировали в Америку. Там он в качестве комиссара участвовал в передаче правительству Северо-Американских Соединенных Штатов русских владений на Аляске и Алеутских островов, уступленных императрицей Екатериной II по трактату от 30(18) марта 1867 г. Потом он руководил эвакуацией российских подданных с этих территорий на родину.

По возвращении из командировки 9 сентября (28 августа) 1867 г. А.Пещурова зачисляют в 8-й флотский экипаж, а 23 (11) ноября 1868 г. за отличие по службе производят в капитаны 1 ранга и назначают вице-директором канцелярии Морского министерства с зачислением по флоту.

9 апреля (28 марта) 1871 г. Алексею Алексеевичу был пожалован орден Св. Анны 2-й степени, а персидским шахом 10 апреля (29 марта) 1871 г. – орденом Льва и Солнца 2-й степени. На принятие и ношение этого ордена было получено высочайшее согласие императора.

1873 г. принес А.А.Пещурову новые отличия: 20 (8) апреля 1873 г. его награждают орденом Св. Владимира 3-й степени, а за участие в работе комиссии по разработке нового «Положения о воинской повинности» ему объявляют монаршее благоволение. 12 апреля (31 марта) 1874 г. высочайшим приказом №1075 за отличие по службе А.Пещурова производят в контр-адмиралы со старшинством на основании манифеста 18 февраля (по стар. ст.) 1862 г. (ему шел 41 год), а 13(1) января 1875 г. назначают директором канцелярии Морского министерства.

Как вспоминали современники, новый директор был полной противоположностью прежнему. Если тот «создавал» доклады, то Алексей Алексеевич «варганил» их. «Сварганим-ко докладшко!» – объявлял он сотрудникам

и скрупулезно, почти с математической точностью излагал в документе суть вопроса, а также решение по нему. Управляющий Морским министерством С.С.Лесовский всегда был удовлетворен деятельностью директора канцелярии.

16 (4) апреля 1876 г. А.А.Пещуров был награжден орденом Св. Станислава 1-й степени, а 11 сентября (30 августа) 1878 г. назначен в свиту его императорского величества.

13 (1) января 1880 г. его награждают еще одним орденом Св. Анны 1-й степени, а 26 (14) января назначают товарищем управляющего Морским министерством. Ему было 46 лет. В этой должности он проработал полгода.

Заняв новую должность, А.А.Пещуров удачно дополнил тяготившегося управленческими обязанностями вице-адмирала С.С.Лесовского. Он разгрузил его. «...Пещуров был тоже моряк из лихих: он так разбил свой клипер на кругосветном плавании, что это поставлялось в образец даже старым морякам... И Пещурова признавали своим. Своим же не могли не признать его и... чиновники министерства. Он писал бумаги большею частью сам, не только в бытность директором канцелярии, но и товарищем министра».

Упоминание о разбитом клипере в период кругосветного плавания, несомненно, относится к «Гайдамаку». На нем в мае 1860 г. А.Пещуров, будучи капитан-лейтенантом, отправился на Дальний Восток. Там после осмотра залива Петра Великого клипер взял курс на север. В заливе Дуэ 28 августа 1861 г. судно штормом было выброшено на берег. «Гайдамак» с великим трудом удалось снять только 30 мая следующего года судами Сибирской флотилии. Затем его отправили в Шанхай для ремонта, после чего он взял курс в Кронштадт, куда прибыл в 1864 г.

23 июня 1880 г. А.А.Пещурова назначают управляющим Морским министерством. Ему шел 48-й год (И.К. Григорович стал товарищем Морского министра в 56 лет, а морским министром в 58 лет). 2 декабря (20 ноября) 1880 г. греческий король жалует его орденом Спасителя 1-й степени, на принятие и ношение которого последовало высочайшее разрешение. 28 (16) сентября 1881 г. Алексею Алексеевичу объявлена именная «душевная признательность его величества за отличное состояние судов, возвратившихся из Тихого океана и Средиземного моря».

В этот период при его участии разрабатывается программа строительства флота на 20 лет, в которой предусматривалось иметь в составе флота 15 крейсеров (из них 13 для Балтий-

ского флота и 2 для Черноморского), 24 броненосца (16 для Балтики и 8 для Черноморского флота), 125 миноносцев (100 для Балтики, 19 для Черноморья и 6 для Тихоокеанского флота). В программе впервые формулируются новые самостоятельные задачи, которые должны решать крейсера в будущей войне. А.А.Пещуров много внимания уделял строительству новых судов, оказывал всемерное содействие и поддержку Балтийскому заводу и его управляющему М.И.Казю в прогрессивных преобразованиях на заводе, основанных на принципах доверия и ответственности, инициативы и самостоятельности. Морское министерство, будучи основным акционером завода (84% акций), предоставило ему самостоятельность, что обеспечило должную гибкость в управлении, избавляло от лишних формальностей, и обеспечивало ускоренное строительство кораблей.

Сделав быстро, даже быстрее многих других морских деятелей того времени свою служебную карьеру, А.А.Пещуров был этим обязан прежде всего своим способностям, редкому трудолюбию, основательному знакомству с теорией и практикой морского дела. Это был адмирал, скромно и тихо исполнявший свои обязанности, моряк, любивший морскую стихию, горячо преданный своему делу. А.А.Пещуров отличался редким хладнокровием и всегда был точен, аккуратен во всем и требовал этой точности и аккуратности от других, что нисколько не мешало ему мягко обращаться со всеми подчиненными, начиная с младших чинов. Его все уважали и любили.

Вскоре после того как А.А.Пещуров возглавил Морское министерство, императором стал Александр III (вступил на престол 14 (2) марта 1881 г.). По свидетельству военно-морских историков прошлого, он значительное время посвящал заботам об усовершенствовании флота, придерживаясь мнения, что лучшее средство для сохранения мира есть готовность к войне. Флот рос и совершенствовался. С верфей спускались одни корабли и на их месте закладывались другие, более совершенные. А.А.Пещуров во всем этом принимал самое активное участие. Например, 21 (9) мая 1881 г. он вместе с генерал-адмиралом великим князем Константином Николаевичем и будущим генерал-адмиралом великим князем Алексеем Александровичем присутствовал при закладке фрегата «Владимир Мономах».

Контр-адмирал А.Пещуров управлял министерством спокойно, всесторонне обдумывая все вопросы перед принятием решения. Многие считали,

что министерство управлялось хорошо, а дело от этого лишь выигрывало. Возникающие вопросы решал математически точно и быстро. Никаких уступок никому не делал, ни перед кем не подхалимничал. Как писал один из знатоков флота того периода, «он со спокойствием, никогда его не покидавшим, отказывал уже нареченному генерал-адмиралу Алексею Александровичу в разных требованиях...

– В смете не имеется кредита на этот предмет, – процеживал он, по своей привычке, сквозь зубы...»

Именно это и не нравилось некоторым адмиралам и влиятельным лицам, в подчинении которых совсем недавно находился А.А.Пещуров и которые теперь вынуждены были выполнять его распоряжения. Среди таких недовольных оказался и председатель Кораблестроительного комитета вице-адмирал И.А.Шестаков (старше А.Пещурова на 14 лет), считавший Алексея Алексеевича «мальчишкой» и начавший интриговать против него. Кроме того, самостоятельность завода и его директора нашли много противников в среде высоких чинов, приверженцев казенных предприятий отечественного судостроения, усиленно контролируемых и связанных по рукам и ногам законами, инструкциями и правилами. Обстановка вокруг Алексея Алексеевича стала сгущаться.

М.И.Кази подвергся целому ряду нападок и обвинений, в результате которых произошла смена управления Морского министерства. А.Пещуров, поддерживающий М.И.Кази уходит с поста.

23 (11) января 1882 г. А.А.Пещуров был освобожден от управления Морским министерством и назначен главным командиром Черноморского флота и портов и военным губернатором Николаева. В качестве сглаживания этой отставки его «за отличие» производят в вице-адмиралы. 17 (5) февраля 1882 г. А.Пещуров прибыл из Санкт-Петербурга в Николаев и вступил в исполнение должностей.

На новом месте А.А.Пещуров много внимания уделял совершенствованию флота, увеличению его корабельного состава. 27 (15) мая 1883 г. в день священного коронования императора Александра Александровича и государыни императрицы Марии Федоровны ему пожаловали орден Св. Владимира 2-й степени. 3 ноября (22 октября) 1884 г. его за успехи в постройке новых броненосцев и дока и вообще за отличный порядок, выявленный его высочеством при осмотре учреждений и судов Черноморского флота, объявлена особая благодарность.

В те годы шло реформирование всего российского флота, рассчитанное на 20 лет и начавшееся с 1882 г., когда план их преобразования был утвержден Александром III. В 1885 г. проект нового положения о Морском ведомстве рассматривался наиболее авторитетными лицами на флотах. Подробно проанализировав его, вице-адмирал А.А.Пещуров высказал свои соображения. Он был не согласен со смещением в одном центральном управлении различных и ранее разделенных частей Морского ведомства, таких как кораблестроительная, механическая, артиллерийская и др.; возражал против лишения самостоятельности некоторых председателей отделов Морского Технического комитета, передачи в ведение портов хозяйства по кораблестроению, артиллерии и минному делу; был не согласен с передачей маячного хозяйства в Главное управление кораблестроения и в портовые конторы; возражал против слияния должностей юриста и директора канцелярии и т. п. 13 (1) апреля 1885 г. Алексея Алексеевича назначают членом Комиссии под председательством командующего Одесским военным округом по обороне Черноморского побережья.

13 (1) января 1886 г. в соответствии с реорганизацией флота вице-адмирала А.А.Пещурова назначают главным командиром флота и портов Черного и Каспийского морей с оставлением в должности военного губернатора Николаева. 18 (6) мая того же года ему объявляют «именную особую высочайшую благодарность» за благополучный спуск на воду броненосного корабля «Чесма».

22 (10) мая 1886 г. император во время своего пребывания в Николаеве, оставшийся довольным благоустройством города, объявил А.А.Пещурову благодарность с награждением его орденом Белого Орла.

Служба вице-адмирала А.А.Пещурова на Черноморском флоте протекала вполне благополучно, о чем свидетельствуют его награды: орден Св. Александра Невского (27(15) октября 1888) г., персидский орден Льва и Солнца 1-й степени (1889) г.

В 1890 г. А.А. Пещуров оставил флотскую службу. 15 (3) августа того же года его назначают членом Государственного Совета. Ему была пожалована аренда в 3000 рублей сроком на шесть лет. Но болезни не позволили насладиться спокойной жизнью: 20 (8) октября 1891 г. А.А.Пещуров скончался в Петербурге. Отпевали его в Санкт-Петербургском Адмиралтейском Св. Спиридония соборе и предали земле на Новодевичьем кладбище.

Его жена Варвара Вениаминовна пережила своего мужа на семь лет. Родственники и товарищи по службе построили над могилой адмирала А.А.Пещурова часовню, которая до основания была разрушена при охватившей нашу страну волне вандализма в 30-е гг. XX в. На этом месте пока никто не захоронен. Сейчас там растет трава, и тенистые липы шелестят своей листвой над местом последнего упокоения одного из 18 морских министров императорского флота дореволюционной России вице-адмирала А.А.Пещурова.

Семья А.А.Пещурова была большой: два сына – Петр (род. 19 февраля по ст. ст. 1867 г.) и Михаил (род 18 (6) декабря 1876 г.), четыре дочери – Мария (род. 20 (8) ноября 1860 г.), Елена (род 21 (9) ноября 1866 г.), Варвара (род. 31 (19) июля 1869 г.) и Софья (род. 24 (2) августа 1874 г.). Петр пошел на службу в гвардию, Михаил поступил в Морской кадетский корпус. Дочери вышли замуж за сыновей адмиралов: Елена – за лейтенанта Кроуна, а Варвара и Софья – за Георгия и Ивана Керн.

Именем вице-адмирала А.А.Пещурова названы мыс в заливе Петра Великого (Японское море) и мыс на полуострове Корея (Японское море).

«Общий морской список» уделил особое внимание публицистической деятельности А.А.Пещурова. Отмечалось, что с 1856 по 1863 г. в «Морском сборнике» были опубликованы ряд его статей: «Шхуна «Хеда» в Татарском проливе», «Содержание матросов в английском и французском флотах», «Водолазный прибор Кораблик»; «Морской суд во Франции и Англии», «Кавказская винтовая шхуна «Абин»»; «Пушка Армстронга», «О пенсиях нижних чинов английского флота»; «Плавание в Японском море», «С клипера «Гайдамак», «Выписка из дневника, вехенного в Пекине в 1858 г.».

В настоящее время правнучка А.А.Пещурова Наталия Антоновна Климова обращается во все инстанции с целью восстановления надгробия на могиле прадеда и установки ему памятной доски на здании Адмиралтейства. От начальника Главного штаба ВМФ адмирала В.В.Масорина по поводу установки мемориальной доски А.А.Пещурову 9 сентября 2005 г. был получен ответ: «...Учитывая заслуги Пещурова А.А. перед Отечеством и Российским флотом, Главное командование ВМФ готово поддержать Ваше ходатайство перед правительством Санкт-Петербурга об установке его мемориальной доски на здании Адмиралтейства». Но до настоящего времени пока ничего не сделано. ■

Адмирал Матия Змаевич, или, как его звали в России, Матвей Христофорович родился 6 января 1680 г. в г. Пераст, Далмация, ныне Черногория.

С целью выяснения возможности обучения будущих военноморских офицеров Петр I отправил в Венецию, которой в то время подчинялись славянские земли Черногории и Хорватии на побережье Адриатики, и чьи народы традиционно были отличными мореходами, графа П. А. Толстого с царской грамотой от 28 февраля 1697 г. правителю Венеции. Туда же 2 октября 1697 г. царь отправил из Гааги и Григория Островского. Правители Венеции и порекомендовали знаменитого Марко Мартиновича (15.07.1663 – 28.10.1716).

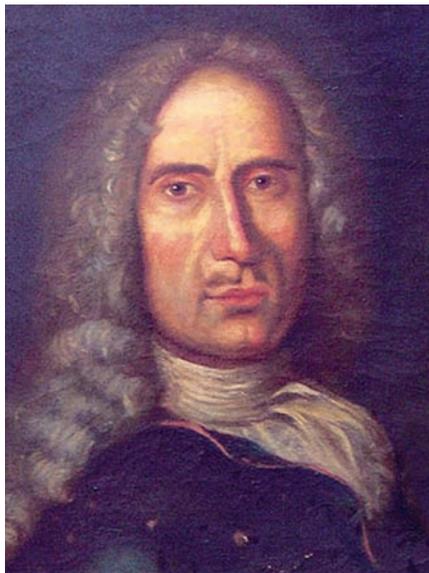
Пераст – небольшой город и порт в заливе Бока Которска, на побережье Южной Адриатики. Первые упоминания о нем относятся к 1326 г. С XVI в. город имел свою автономию, был хорошо защищен, так что воины Османской империи, владевшие многими городами Южной Адриатики, не смогли захватить его. Благодаря хорошо организованной морской торговле, приносявшей большую прибыль, Пераст в то время процветал. Именно в этом городе существовала одна из первых мореходных школ морского капитана Марко Мартиновича. В донесении Петру I Григорий Островский писал: «А народ здесь славянский, говорит также и порусски, при плавании на кораблях, а также в бою очень подготовлен и в сражении на море подготовлен лучше, чем венецианцы. В боях против турок на боевых кораблях и галерах, этот народ можно похвалить и лучше их для морского боя нет».

Марко Мартинович охотно согласился обучать российских дворян премудростям морского дела. Он был хорошим капитаном и одновременно торговцем. К тому времени в порту Пераста у него было уже около 40 больших судов дальнего плавания (водоизмещением свыше 500 т), около 100 парусников, а также судостроительная и судоремонтная верфи. Когда Петр I узнал, что Марко Мартинович согласен обучать молодых россиян, то назначил ему гонорар в размере 50 дукатов в месяц. В 1697 г. из Петербурга через Венецию в Пераст была отправлена на учебу первая группа из 17 бояр и дворян. Морскую практику они проходили на кораблях Мартиновича на Адриатическом и Средиземном морях.

В этом же Перасте 6 января 1680 г. в семье известного морского капитана Крсто Змаевича родился будущий адмирал молодого российского флота Матия Змаевич. В юности он обучался морскому делу у своего отца. Предположительно, окончил известную морскую школу капитана Мартиновича и уже в возрасте 18 лет стал капитаном корабля, много

МАТИЯ ЗМАЕВИЧ - РОССИЙСКИЙ ФЛОТОВОДЕЦ

*В.М.Божич, капитан 1 ранга в отставке, г. Таллин,
контакт. тел. 8 10 (372) 675 0419*



плавал и участвовал в морских сражениях против турок на Адриатике. Когда в 1697 г. город Пераст посетил граф П. А. Толстой, то он побывал в гостях у капитана Матии Змаевича. Молодые россияне, обучавшиеся в Перасте, тоже были знакомы с капитаном Змаевичем, и они, как и П. Толстой, предлагали ему поехать на службу в Россию. Но в 1709 г. Змаевич был обвинен в заговоре и убийстве человека, был осужден и приговорен к смертной казни, но успел найти убежище в Республике Дубровник, где и скрывался некоторое время. Затем он уехал в Константинополь, где в то время послом России был граф П. А. Толстой. Вскоре началась русско-турецкая война. Турки их арестовали и обоих посадили в тюрьму. Война закончилась в 1712 г., и Змаевич, выразивший желание поехать на морскую службу в Россию, по рекомендации графа Толстого направился в Карловы Вары, где в то время находился на лечении Петр I. 3 ноября 1712 г. Петр I принял Змаевича и устроил ему очень серьезный экзамен по морскому и военному искусству. Об этом экзамене Змаевич написал в письме своему брату Вицку (1670-1745 гг.), жившему в городе Задар (Далмация): «Русский царь очень хорошо знает навигацию и ведение войны на море. Экзамен продолжался более двух часов, и в конце царь был удивлен моей подготовленностью, а я был счастлив, что так хорошо все закончилось». После этого Петр I издал указ: «Выделить корабль по собствен-

ному выбору Змаевича, присвоить ему звание капитана 1 ранга» и отправил его в Петербург.

Начиная с 1700 г. Россия находилась в состоянии войны со Швецией. В июне 1714 г. российский галерный флот под командованием Ф. М. Апраксина доставил провиант в Гельсингфорс, а затем должен был следовать в Або. Но путь им преградила шведская эскадра, в составе которой было 16 крупных кораблей, 8 галер и 5 других судов, стоявших у мыса Гангут (Ханко). По другим данным, эта эскадра насчитывала 13 линейных кораблей, 4 фрегата, 6 больших и малых галер и других судов. В результате у мыса Гангут состоялось крупное морское сражение, во время которого Змаевич командовал первым отрядом галерного флота в звании капитанкомандора.

Главные силы русского галерного флота (64 галеры) находились в бухте, в районе Тверминне, и дальнейший путь им был прегражден. Часть шведского флота стояла на якоре, а часть была в море. Дело было в том, что полуостров Гангут не прикрыт шхерами, а глубина у самого берега очень значительная, и при первой же попытке русских галер выйти из бухты на них обрушился бы весь шведский флот. Положение было тяжелое, и Апраксин немедленно отправил морем в Ревель донесение царю с просьбой для отвлечения шведов от Гангута сделать диверсию корабельным флотом. 18 июля 1714 г. Петр I прибыл к месту расположения галерного флота в Тверминне. Ознакомившись с положением, он собрал «консилиум» и решил перетянуть галеры через перешеек (около 1170 сажень) полуострова. Немедленно приступили к постройке помоста и приготовлению катков. Когда же было обнаружено движение шведского флота, Петр отказался от этого плана и, чтобы не быть запертым в Тверминне, приказал флоту немедленно готовиться к выходу из бухты, а часть галер отправить в обход отряда шведского флота.

Утром 26 июля первые 20 скамповей под командой капитанкомандора Змаевича отправились по назначению. Погода вполне благоприятствовала переходу – на море стоял штиль. Заметив движение русских судов, шведский адмирал Ватранг приказал своим кораблям сниматься с якоря. Сразу же был открыт сильный огонь по русским судам.

Но галерам Змаевича удалось проскочить без всяких потерь, а вскоре за ними прошел и другой отряд из 15 скамповей под командой бригадира Лефорта. Позже туда же, к месту стоянки отряда Змаевича, подошли и суда Апраксина. Там же находился и Петр I. Корабли Змаевича заградили выход отряду Эреншельда, от которого Змаевич потребовал сдаться, но получил отказ. Затем Петр I и повторно Змаевич вновь предложили шведам сдаться, но те опять ответили отказом. Тогда начался бой, продолжавшийся три часа, и, как об этом позднее писал царь, «после отчаянного сопротивления сначала шведские галеры и шхерботы, а затем и фрегат «Элефант» спустили флаги». Адмирал Эреншельд сдался в плен, в плен были взяты 10 шведских кораблей. Когда Змаевич доложил об этом Петру I, то царь снял свою шпагу и подарил ее Змаевичу. А при представлении Петру I адмирала Эреншельда государь поцеловал своего достойного противника и приказал забинтовать его раненные ногу и руку.

После победы в Гангутском сражении Петр I с пятью скамповеями, пленным Эреншельдом и его офицерами ушли в Петербург. В столице Петр I представил Сенату донесение о Гангутской победе и письмо от графа Апраксина. После этого царь, давно имевший чин генерала в армии, здесь же был произведен в вицеадмиралы.

В Санкт-Петербурге несколько дней подряд продолжались пышные празднества по случаю виктории. Было отмечено, что решающее значение для достижения победы имели прорыв отряда русского галерного флота под командованием капитанкомандора М. Змаевича к мысу Гангут и блокирование шведского отряда адмирала Эреншельда в шхерах.

Петр I высоко ценил Матию Змаевича: в 1715–1716 гг. Змаевич выполняет различные задания в Финском заливе. В 1718 г. на корабле, которым он командовал, царь Петр путешествовал на Аландские острова.

В кампании 1717–1719 гг. галерный флот под его командованием участвует в различных операциях против Швеции. В 1719 г. отряд Змаевича, посланный в Стокгольмские шхеры с отрядами войск князя Барятинского и Стрелкова, подробно изучил фарватеры и подступы к Стокгольму с суши. По пути князь Барятинский вел бой с командой из трех батальонов шведской пехоты, обратив их в бегство. Этим и закончились действия Змаевича в Стокгольмских шхерах. В 1719 г. он получил звание вицеадмирала и стал членом Адмиралтейств-коллегии; руководил строительством Галерной гавани в Петербурге. По свидетельству современников, именно Змаевич чаще всего принимал выпуск-

ные экзамены в Навигацкой школе. В 1723 г. он был направлен на строительство новых кораблей: 15 десантных и 15 галер для речной флотилии на Дону. Но в 1725 г. его возвратили в Петербург, где он участвовал в похоронах императора Петра Великого. Ему была предоставлена честь нести корону Романовых, которой был коронован царь. С 1725 г. он – командующий галерным флотом и главный командир Петербургского порта. Екатерина I награждает его 21 мая 1725 г. орденом Александра Невского, а 7 мая 1727 г. ему присваивают звание адмирала.

После смерти Екатерины I и вступления на престол 12-летнего Петра II, управление государством было поручено Тайному совету, где главным лицом был князь Меншиков. Флот к тому времени был окончательно заброшен. В 1728 г. Змаевич был необоснованно обвинен по доносу подчиненных в растрате казенных денег и злоупотреблении властью и судом приговорен к смертной казни. Но приговор не успели привести в исполнение, а потом это осуждение с него сняли. Весной 1733 г. Змаевича отправили в Астрахань и назначили губернатором, где он занимался постройкой порта и кораблей для Каспийской флотилии и других приготовлений к новой рускотурецкой войне. Там он находился до окончания своей службы.

По ее завершении он получил имение недалеко от Воронежа, в Таврове, где и умер 13 августа 1735 г. Похоронен Змаевич был с соблюдением всех военных почестей в римско-католической церкви Св. Людовика в Москве.

После смерти адмирала Змаевича его земляк Мате Караман привез из Москвы брату Змаевича Вицку, епископу города Задара, завещание и три флага (андреевский, с гербом России, и шведский). Андреевский флаг до сих пор находится в морском музее города Пераста, а остальные два исчезли во время Наполеоновских войн в Далмации. Завещание хранится в архиве города Задар, а орден Александра Невского находится в спецхранилище церкви Св. Николая в г. Перасте.

Но для нас, южных славян, этот период истории связан с Россией. В 1711 г. в Черногорию был послан полковник Михаил Милорадович. В грамоте, которую он привез, Петр I писал: «Мы себе иной славы и не желаем, токмо да возможем тамошние христианские народы от тиранства поганского освободить» и призвал черногорцев во имя освобождения не жалеть себя до последней капли крови. Петр I прислал Черногории денежную помощь, а также установил периодическую выдачу ей денежных пособий. Когда прибыл Милорадович, по правитель Черногории владыка Данило с во-

одушевлением согласился с предложением Петра I и сказал: «Мы даже и не думали, что великий русский царь что-то знает о нас».

Надо сказать, что те дружеские, братские отношения, установленные Россией во времена правления Петра Великого со странами южных славян, продолжатся до сих пор. Это ярко подтвердилось и во время Второй мировой войны. Югославские народы одни из первых в Европе подняли восстание сразу после нападения фашистской Германии на Советский Союз. Число фашистских дивизий Германии и ее сателлитов, которые отвлекала партизанская война в Югославии, было больше, чем корпус фашистских войск генерала Роммеля на фронте в Северной Африке. Мы выдержали в этой войне благодаря большой политической, военной и экономической помощи Советского Союза. Венцом нашей боевой дружбы можно назвать совместное участие войск 3го Украинского фронта и Народноосвободительной армии Югославии в освобождении северной части страны и ее столицы Белграда. За это наши народы будут вечно благодарны народам бывшего Советского Союза, в первую очередь русскому народу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годишњак Поморского музея в г. Которе, 1983–1984 гг., с. 123–128.
2. История Российского флота. – М.: ЭКСМО, с. 64, 75–77, 88, 91, 92.
3. Pomorska Enciklopedija. – Zagreb, Izd. Leksikografskog zavoda, MCMLVII, T. 4.
4. Атлас офицера. – М.: Изд. Военного управления. 1947. ■

Божич Владимир Милошевич родился 9 июня 1925 г. в Югославии в рабочей семье. Окончил четыре класса начальной школы, а в 1940 г. – четыре класса гимназии. Свидетель варварской бомбардировки немецкой авиацией Белграда 6 апреля 1941 г. С 1942 г. он – член подпольной антифашистской организации. Служил в Народно-освободительной армии Югославии, с 16 сентября 1944 по 19 марта 1949 г. учился в Советском Союзе, в Высшем военно-морском училище им. М. В. Фрунзе. После его окончания был направлен в гидрографическую службу Таллинской военноморской базы, и вся его дальнейшая судьба была связана с Балтикой.

Уволен 12.3.1970 г. в отставку по болезни (сказались ранения и лишения партизанской войны).

Уже после увольнения в отставку приказом Верховного Главнокомандующего Вооруженными силами РФ №2 от 27.4.2000 г. присвоено воинское звание «капитан 1 ранга».

Такая вот судьба...

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 (полутонные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутонных, 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 безгонорарной 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:** Ленинградский кораблестроительный институт – СПбГМТУ, кадры, итоги.
- К.П. Борисенко. Санкт-Петербургскому государственному морскому техническому университету – 80 лет // Морской вестник. 2010. №4. С. 1 – 8.**
Знакомит с историей создания и развития легендарной Корабелки, ныне – СПбГМТУ, с профессорско-преподавательским составом университета, который сыграл важную роль в подготовке кадров для судостроительной отрасли. Итоги работы были подведены на Торжественном заседании Ученого совета университета. Ил. 4.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** арктический танкер, характеристики.
- Передача арктического танкера «Кирилл Лавров» российской компании ОАО «Совкомфлот» // Морской вестник. 2010. №4. С. 11 – 12.**
Сообщение о передаче арктического танкера «Кирилл Лавров» заказчику – российской компании «Совкомфлот». Ил. 3.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** «Северная верфь», судно-снабженец, постройка.
- Л.Г. Кузьмин. Суда-снабженцы буровых платформ // Морской вестник. 2010. №4. С. 13 – 16.**
Знакомит с опытом постройки судов-снабженцев морских буровых платформ по заказу норвежской фирмы с учетом опыта проектирования. Приведены основные характеристики судов. Ил. 3.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** корвет, сторожевой корабль, патрульный катер.
- ЦМКБ «Алмаз»: Новости компании // Морской вестник. 2010. №4. С. 21.**
Знакомит с программой проектирования и строительства кораблей и судов по проектам ЦМКБ. Ил. 6.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** ракетный катер, характеристики.
- Спуск ракетного катера пр. 12418 «Молния» // Морской вестник. 2010. №4. С. 23.**
Сообщение о спуске на воду ракетного катера «Молния» на «Средне-Невском судостроительном заводе». Приведены его основные характеристики. Ил. 2.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** патрульный корабль, артиллерийский корабль.
- ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» – надежный партнер // Морской вестник. 2010. №4. С. 25.**
Сообщение о постройке патрульных, артиллерийских и других кораблей для отечественных и зарубежных заказчиков. Ил. 4.
- УДК 629.125.8 **Ключевые слова:** экраноплан, классификация, сертификация.
- А. И. Лукьянов, А. И. Маскалик, Р. А. Нагапетян. Транспортные экранопланы – в жизнь // Морской вестник. 2010. №4. С. 27 – 30.**
Рассмотрены уникальные достижения отечественного транспортного экранопланостроения последнего 20-летия. Практическая реализация имеющихся проектов позволит в ближайшие годы закрепить статус российского судостроения как реального лидера в этой области.
- Это соответствует формируемой в настоящее время Правительством РФ концепции и стратегии развития высокоскоростных судов, основу которых составляют экранопланы. Ил. 10.
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** судостроение, Япония.
- К.В. Рождественский. Российские судостроители в Японии // Морской вестник. 2010. №4. С. 32 – 33.**
Сообщение о визите делегации российских судостроителей в Японию во главе с В.Л. Александровым, президентом НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, и знакомстве с особенностями работы верфей и других предприятий отрасли в этой стране. Особое внимание было уделено применяемым технологиям. Ил. 3.
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** судостроение, выставка SMM-2010, итоги.
- Е.А. Горин, К.С. Чернов. Мировое судостроение на SMM-2010 // Морской вестник. 2010. №4. С. 34 – 36.**
Знакомит с программой судостроительной выставки SMM-2010, прошедшей в сентябре 2010 г., в которой приняли участие 2 тыс. компаний из 58 стран. На ней было отражено положение в отрасли и обозначены реальные перспективы. Табл. 2. Ил. 6.
- УДК 519.873:921.87 **Ключевые слова:** судовой кран, оптимизация, параметры объектов оптимизации.
- А.А. Арутюнян, А. А. Георгиев, В.Д. Завирухо, Д.В. Суслон. К вопросу методологического обеспечения оптимизационного проектирования судовых кранов // Морской вестник. 2010. №4. С. 39 – 43.**
Рассмотрен системно-методологический подход к оптимизации проектных решений при автоматизированном проектировании судовых кранов. Обозначены критерии качества. Табл. 2. Ил. 3. Библиогр. 4.
- УДК 519.6 **Ключевые слова:** электромагнитная обстановка, вычислительные методы, электромагнитная совместимость, автоматизация.
- Д.В. Лазарев. Автоматизация управления параметрами электромагнитных полей в условиях корабля для обеспечения электромагнитной совместимости его радиоэлектронных средств // Морской вестник. 2010. №4. С. 45 – 50.**
Рассмотрены современные программные комплексы, позволяющие на этапах проектирования сложных технических объектов морского базирования моделировать и оценивать локальную и интегральную электромагнитную обстановку на них. Проанализированы особенности и тенденции применяемых математических методов решения таких задач. Даны рекомендации по совершенствованию существующих программных решений в целях раннего обоснования предложений по обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств сложных технических объектов морского базирования. Табл. 2. Ил. 16. Библиогр. 21.
- УДК 621.3 **Ключевые слова:** морская соль, фильтр, очистка воздуха, расчет.
- Дьяченко Н.В. Методика расчета количества морской соли, поступающей в проточную часть газовых турбин амфибийного судна на воздушной подушке при его парении над водой // Морской вестник. 2010. №4. С. 51 – 52.**
Приведена схема расчета количества морской соли, поступающей в проточную часть газовых турбин амфибийного судна на воздушной подушке. Ил. 2. Библиогр. 5.
- УДК 658.012:629.5 **Ключевые слова:** система, логистическая поддержка.
- И.В. Бондаренко, В.И. Рожнов. Каталогизация экспортируемой продукции военного назначения // Морской вестник. 2010. №4. С. 55 – 57.**
Центр сервисного и гарантийного обслуживания «Концерн «НПО «Аврора» реализует комплекс мероприятий для создания системы интегрированной логистической поддержки в ходе разработки, изготовления и технического обслуживания наукоемкой продукции. С этой целью создан Центр каталогизации продукции. Приведены примеры работы по каталогизации (идентификации) перечней ЗИП. Ил. 4.
- УДК 621.311.1:629.5 **Ключевые слова:** атомный плавучий энергоблок, щит, поставка.
- ОАО «Новая ЭРА» – для плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» // Морской вестник. 2010. №4. С. 61.**
Знакомит с продукцией предприятия, предназначенной для плавучих энергоблоков, особенностями современных электроцифров, имеющих защиту, обеспечивающую безопасность ядерных энергоустановок. Ил. 2.
- УДК 621.1 **Ключевые слова:** толща воды, ослабление света, плотность, корреляция, стратификация, лидар.
- И.С. Долина, М.А. Родионов, И.М. Левин. Восстановление характеристик гидрофизических полей в море из результатов гидрооптических измерений // Морской вестник. 2010. №4. С. 62 – 64.**
Показано, что при наличии ярко выраженного пикноклина существует высокая корреляция между параметрами вертикальных распределений показателя ослабления света и плотности воды, что позволяет использовать результаты лидарных измерений профиля показателя ослабления света для определения характеристик плотностной стратификации (профиля частоты Вьяйсяля-Брента). Это создает предпосылки для дистанционного определения параметров пикноклина с помощью лидара. Ил. 6. Библиогр. 11.
- ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» и группа компаний «Транзас» подписали соглашение о сотрудничестве // Морской вестник. 2010. №4. С. 65**
УДК 629.12 **Ключевые слова:** судно смешанного плавания, танкер, сухогруз, класс, корпус, металлоемкость.
- Г.В. Егоров. Основы проектирования корпусов судов смешанного река-море плавания // Морской вестник. 2010. №4. С. 67 – 71.**
Рассмотрены принципы проектирования корпусов судов смешанного плавания (ССП), ко-

торые реализует в своих проектах «Морское инженерное бюро». Накопленный практический опыт проектирования позволяет эффективно печатать эффективность, надежность и безопасность ССП. Табл. 10. Ил. 6. Библиогр. 7.

УДК 629.541 **Ключевые слова:** шум, вибрация, система PRE-CHECK, экология, энергопотребление, ECO-Patterns.

«Germanischer Lloyd». Новые разработки компании «FutureShip» (группа компаний «Germanischer Lloyd») // Морской вестник. 2010. №4. С. 73–76.

Приведена стандартизированная методика проверки уровня шума и вибраций. Слабые места можно выявить заблаговременно на стадии проектирования нового судна, если выполнить проверку Noise & Vibration PRE-CHECK, которая позволяет превентивно обнаружить потенциальные источники шума и вибрации. «FutureShip» применяет стандартизированную технологию PRE-CHECK, благодаря которой трудоемкая проверка проходит всего за несколько дней.

Также показано, что расчеты по моделям способствуют прибыльности. Эксплуатация судов должна быть прибыльной и в то же время безопасной для экологии. Это совсем не взаимоисключающие требования, как показывает система ECO-Patterns от компании «FutureShip». ECO-Patterns выявляет слабые места в регулировании энергопотребления и помогает сократить объем выбросов CO₂ и расход топлива. Ил. 5.

УДК 621.039.533 **Ключевые слова:** корпус, ресурс, оценка.

А.И. Свистунов, Г.В. Слугин. Подходы к оценке остаточного ресурса корпусов кораблей ВМФ // Морской вестник. 2010. №4. С. 77–81.

Предложена математическая модель оценки фактического состояния элементов конструкции корпуса корабля с последующим определением остаточного ресурса в целях обеспечения безопасности эксплуатации. Обозначены алгоритм оценки остаточного ресурса корпуса, а также необходимость мониторинга текущего состояния. Ил. 2. Библиогр. 5.

УДК 669 **Ключевые слова:** высококачественные конструкционные стали, коррозионно-стойкие азотсодержащие стали аустенитного класса, технология производства, потребители.

Г.Ю. Калинин, А.А. Харьков, О.В. Фомина, Ю.В. Голуб. К вопросу о перспективах широкого внедрения аустенитных сталей, легированных азотом // Морской вестник. 2010. №4. С. 82–83.

Преимуществами, которые дает применение азотсодержащих коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, разработанных в ЦНИИ КМ «Прометей» по сравнению с другими конструкционными сталями, являются повышенная прочность и высокая коррозионная стойкость, ведущие к уменьшению массы конструкций, экономии металла и увеличению долговечности изделий. Отечественная металлургическая промышленность готова производить сталь по разработанной технологии, основную роль в которой играет специальный научно-обоснованный подбор режимов термомеханической и термической обработки для выбранного химического состава стали, формирующих необходимую тонкую структуру, отвечающую за комплекс приобретаемых служебных свойств.

На пути внедрения аустенитных азотсодержащих сталей существуют определенные сложности, связанные с существенным противоречием между запросами потенциальных потребителей и возможностями производителей металлопродукции. Табл. 1. Ил. 1. Библиогр. 7.

УДК 629.123.56:539.4:518 **Ключевые слова:** корпусная конструкция, сварочная деформация, расчет, МКЭ.

В.И. Алферов. Применение МКЭ для расчета сварочных деформаций судовых корпусных конструкций // Морской вестник. 2010. №4. С. 84–87.

Показана возможность усовершенствования расчетных методов оценки сварочных деформаций и напряжений благодаря решению термомеханической задачи, позволяющей осуществить более детальное моделирование сложного сварочного процесса. Показаны способы применения МКЭ для расчета температурных полей при сварке и при решении деформационной задачи. Библиогр. 20.

УДК 625.12.539.4 **Ключевые слова:** корпус судна, прогиб, напряжения, угол поворота.

С.О. Барышников. Измерение остаточного прогиба и остаточных напряжений корпусов судов по изменению угла поворота в поперечных сечениях // Морской вестник. 2010. №4. С. 89–91.

Предложен метод измерения кривизны поверхности судна, в частности кривизны по палубе. Эти измерения необходимы для определения степени отклонения от прямолинейности корпуса судна, находящегося на плаву, и последующего вычисления его остаточного прогиба (перегиба). Знание этих параметров позволяет учесть дополнительные напряжения, которые появляются в процессе эксплуатации судна на волнении, что, в свою очередь, позволяет реально оценить прочностное состояние судна. Ил. 6. Библиогр. 3.

УДК 629.5.083.5 **Ключевые слова:** судно, срок службы, продление.

А.А. Бокатова. Методика продления срока службы корпуса судна по Правилам Российского Морского Регистра судоходства ЗСС на примере судна обеспечения ВМФ БМСТ «Яуза» // Морской вестник. 2010. №4. С. 91–94.

Рассмотрены проблемы продления срока службы судов ВМФ более чем на один год на основании применения методики по Правилам Российского Морского Регистра судоходства. Ил. 5. Библиогр. 5.

УДК 681.324:622.691.4 **Ключевые слова:** «Транзас», IT технологии, тренажер, виртуальное судно, шельф.

Д.В. Казунин, О.В. Бутурлимов, В.В. Рыбий, Е.С. Ганс, С.В. Маценко, А.П. Хвастунов, Р.И. Смирнов. Создание динамических средств обучения для подготовки специалистов, связанных с добычей углеводородного сырья на Арктическом шельфе // Морской вестник. 2010. №4. С. 95–98.

Компания «Транзас морские технологии» разработала технологию создания компьютерных средств подготовки специалистов для работы на шельфе. На примере тренажера буровой платформы показана реализация концепции «виртуального» судна, построенной на базе единой математической модели, включающей для водоизмещающего судна: гидродинамическую модель, модель энергетической установки и общесудовых систем, а также модель посадки и прочности конструкций, которые объединены в рамках единой системы уравнений и совместно решаются в рамках одного шага по времени. Созданная модель позволяет подготовить основных специалистов буровой установки, занятых ее повседневной эксплуатацией и эксплуатацией в аварийных ситуациях. Ил. 7.

УДК 629.5.181 **Ключевые слова:** судно, оптимизация, нечеткое множество.

Т.Г. Артюшина. Описание и оптимизация элемента многоуровневой системы «судно» на основе теории нечетких множеств // Морской вестник. 2010. №4. С. 99–101.

Предложен подход к использованию языка теории нечетких множеств совместно с теорией иерархических многоуровневых систем в качестве метаязыка. Он позволяет правильно

отобразить основные свойства системы «судно» и упростить ее анализ. Ил. 2. Библиогр. 4. УДК 658.012 **Ключевые слова:** 3D CAD иллюстрация, документация, срок подготовки.

ООО «Ирисофт», ООО «PTC International». Технические иллюстрации: мост между 3D CAD и документацией по эксплуатации // Морской вестник. 2010. №4. С. 103–104.

Показаны возможности переноса 3D CAD иллюстраций непосредственно в пользовательскую документацию, сопровождающую готовую продукцию. Повторное использование трехмерных CAD-данных в технической документации способствует экономии затрат на подготовку сопроводительной документации. УДК 621.2(100): 629.5.081 **Ключевые слова:** безопасность, месторождение, шельф, регламент.

К.А. Смирнов, В.В. Лебедев, А.О. Попко. О правовых аспектах обеспечения физической безопасности объектов обустройства шельфовых месторождений // Морской вестник. 2010. №4. С. 104–109.

Обозначены основные нормативно-правовые акты, регламентирующие физическую безопасность нефтегазового комплекса морского базирования (судна, портовых средств, объекта морской добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья).

УДК 368.2:629.5 **Ключевые слова:** страховой риск, морские операции, платформа, затраты на ликвидацию последствий аварий.

Н.А. Вальдман, Д.М. Яковлев. Вопросы оценки страхового риска при морских операциях с установками на шельфе // Морской вестник. 2010. №4. С. 110–112.

Проанализирована методика оценки страхового риска при буксировке платформ на примере проекта морских операций с морской ледостойкой стационарной платформой «Приразломная», оценены страховой риск и ущерб для потенциальных аварийных ситуаций. Табл. 6. Ил. 2. Библиогр. 3.

УДК 621.165 **Ключевые слова:** персонал, мотивация, производительность.

А.Г. Филимонов. Унифицированная методика системы мотивации управленческого персонала группы самостоятельных предприятий // Морской вестник. 2010. №4. С. 113–116.

Рассмотрена сбалансированная система показателей как механизм доведения до персонала целей компании, контроля их достижения через ключевые показатели эффективности каждого работника. Табл. 3.

УДК 623.8 **Ключевые слова:** авиатендер, гидроавианосец, тент Гейна, ВМС США.

Д.В. Курочкин. Авиатендеры ВМС США, 1918–1939 гг. // Морской вестник. 2010. №4. С. 119–122.

Рассмотрена краткая история развития кораблей класса «авиатендер» в ВМС США в период 1918–1939 гг. Особое внимание уделено их разновидностям. Ил. 6.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** морской министр А.А. Пешуров.

С.П. Сирий. Десятый морской министр императорского флота России А.А. Пешуров // Морской вестник. 2010. №4. С. 123–125.

Знакомит с биографией десятого морского министра императорского флота России А.А. Пешурова. Ил. 1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Матия Змаевич, биография.

В.М. Божич. Матия Змаевич – российский флотовец // Морской вестник. 2010. №4. С. 127–128.

Знакомит с основными вехами жизненного пути М. Змаевича, волею судьбы ставшего российским флотоводцем и участником Гангутского сражения.

SUMMARIES

K.P. Borisenko. 80th Anniversary of Saint-Petersburg Marine Technical University

It tells about the history of establishment and development of the legendary *Korabelka*, nowadays SPbGMU; the University professors & tutors, the ones of vast importance in training of Ship Building Industry personnel. Work results have been summarized at Grand Meeting of the University Academic Council.

Transfer of arctic tanker «Kirill Lavrov» to the Russian Company JSC «Sovkomflot»

Notice about transfer of the arctic tanker «Kirill Lavrov» to the Customer, Russian Company JSC «Sovkomflot».

L.G. Kuzmin. Drill Rig Supply Vessels

It tells about the experience in building of Marine Drill Rig Supply Vessels on Order of Norway Company with experience in designing taken into consideration. The main specifications of vessels are given.

CMDB «Almaz»: Company news

It introduces the program for designing and building of ships and vessels as per CMDB designs.

Launching the Missile Boat «Molnia», design 12418

Notice about launching the Missile Boat «Lightning» at «Sredne-Nevskiy Shipbuilding Facility». Boats main specifications are given.

JSC «Shipbuilding Company «Almaz» is a reliable partner

Notice about building the patrol, gunnery and other ships for domestic and foreign customers.

A. I. Lukianov, A. I. Maskalik, R. A. Nagapetyan. Transport Surface Effect Ships to life

It discusses the unique national achievements in building transport SES for the recent 20 years. Actual realization of existing projects will allow Russian Shipbuilders to secure leadership in this field. That complies with RF Government concept and strategy of high-speed ships development on base of SES.

K.V. Rozhdestvenskiy. Russian Shipbuilders in Japan

Report about Russian Shipbuilders delegation headed by V.L. Aleksandrov, president of the Shipbuilders R&D Union named after A.N. Krylov, visit to Japan and acquaintance with Shipyards and other branch entities operation therein. The Applicable Technologies are discussed in details.

E.A. Gorin, K.S. Chernov. Global Shipbuilding at SMM-2010

It introduces the Program of Shipbuilding Fair SMM-2010 held in September, 2010 with participation of 2 thousand Companies from 58 States. The Fair reflected the position in field and marked real prospects.

A.A. Arutunyan, A. A. Georgiev, V.D. Zavrurkho, D.V. Suslov. To the matter of methodology provision for ship crane design optimization

It discusses the systematic-methodological approach to optimization of design solutions at ship cranes automated designing. Quality Criteria are identified.

D.V. Lazarev. Automation of electromagnetic fields' parameters control in ship's conditions to ensure electromagnetic compatibility of its radio-electronic equipment

It discusses modern program complexes allowing for modeling and evaluation of local and integral electromagnetic environment at stages of designing sophisticated technical sea facilities. Specifics and trends of mathematical methods for resolving such tasks are reviewed. There are provided recommendations on improvement of program solutions for earlier justification of proposals on ensuring electromagnetic compatibility of sophisticated technical sea facilities' radio-electronic equipment.

Diyachenko N.V. Methods for calculating the quantity of sea salt entering the air-gas channel of gas turbines of the amphibious air-cushion vessel when it is over the water

It provides the diagram for calculating the quantity of sea salt entering the air-gas channel of gas turbines of the amphibious air-cushion vessel.

I.V. Bondarenko, V.I. Rozhnov. Cataloguing the military products for export

The Maintenance and Guaranteed Service Center of «the Concern «NPO «Aurora» realizes a set of events for creation of integrated logistic support system in proves of Hi-Tec Products design, manufacture and maintenance. The Products Cataloguing Center is established for that purpose. Examples of SPTA lists cataloguing (identification) are given.

JSC «New ERA» – for the waterborne power-generating unit «Academician Lomonosov»

It describes company's products for waterborne power-generating units, specifics of modern electric boards with protection providing for nuclear power plants safety.

I.S. Dolina, M.A. Rodionov, I.M. Levin. Off-shore recovery of hydro-physical fields' parameters on base of hydro-optical measurements' results

It is shown that in presence of obviously expressed pycnocline there is a high correlation between parameters of vertical distribution of light extinction and water density indicators allowing for use of measurements of light extinction indicator profile lidar measurements to evaluate density stratification parameters (Vyassel-Brent frequency profile). That provides basis or remote evaluation of pycnocline parameters using lidar.

G.V. Egorov. Basics for designing hulls of sea-river mixed navigation ships

It envisages principles for designing hulls of mixed navigation ships (MNS) realized by «Marine Engineering Bureau». The accumulated experience in design allows to ensure MNS efficiency, reliability and safety.

«Germanischer Lloyd». New developments of «FutureShip» Company («Germanischer Lloyd» Group)

There is provided standard method fore checking noise and vibration levels. Weak points may be identified earlier on stage of designing the new ship by Noise & Vibration PRE-CHECK allowing for preventive identification of potential noise and vibration sources. «FutureShip» uses standard PRE-CHECK technology allowing for time-consuming check to be completed in a few days, only.

Also it is shown that calculation by models contributes to profitability. Ships operation shall be profitable as well as environment friendly. Such requirements are not necessary mutually exclusive as is shown by ECO-Patterns from «FutureShip» Company. ECO-Patterns find weak points in power-consumption control and help to reduce CO₂ emission volumes and fuel consumption.

A.I. Svistunov, G.V. Slugin. Approaches to evaluation of Navy ships' hulls remaining service life

It is offered a mathematical model for evaluation of ship's hull design elements actual condition followed by determination of remaining service life to ensure operational safety. The Hull's remaining service life evaluation algorithm is identified as well as a need in current condition monitoring.

G.Y. Kalinin, A.A. Kharkov, O.V. Fomina, Y.V. Golub. The prospects of broad implementation of austenitic steels nitrogen alloyed

The benefits from using nitrogen containing corrosion-resistant steels of austenitic type developed by CNII CM «Prometej» in comparison with other construction steels are in increased strength and high corrosive-resistance leading to reduction of construction weight, saving of metal and increase of product durability. National Metal Industry is ready to produce steel using developed technology based on special scientific reasonable selection of thermal flexibility and thermal treatment modes for selective chemical composition of steel forming the required thin structure in charge of a set of acquired operational properties.

There are certain challenges with nitrogen containing austenitic steels related to significant controversies between requirements of potential consumers and capabilities of metal products' manufacturers.

V.I. Alferov. FEM Application for calculation of ship hull structures' weld metal depositions

It is shown a possibility to improve calculation methods for evaluation of weld metal depositions and stresses by solving thermal-flexibility problem allowing for more detail modeling of sophisticated welding process. There are shown methods of FEM use for calculation of temperature fields during welding and solving the depositary problem.

S.O. Baryshnikov. Measurement of residual deflection and stresses of ships' hulls by alteration of turn angle in cross-sections

It is offered a new method for measuring vessel surface curve, in particular the deck curve. These changes are necessary to determine the deflection degree from waterborne ship's hull line and further calculation of residual deflection thereof. Knowing these parameters allows for consideration of extra stresses occurring at vessel operation in waves; that in its turn allows for actual assessment of vessel's strength condition.

A.A. Bokatova. Method to elongate ship's hull service life in accordance with Rules of Russian Sea Register of Shipping, 3SS to NAVY Supply Ship BMST «Yauza»

It discusses the problems of NAVY ships service life elongation for more then one year by following the methods as per Rules of Russian Sea Register of Shipping.

D.V. Kazunin, O.V. Buturlimov, V.V. Rybiy, E.S. Hans, S.V. Matsenko, A.P. Khvastunov, R.I. Smirnov. Creation of dynamic educational means for training the specialists related with development of carbon hydrated at Arctic Shelf

«Tranzas Marine Technologies» Company has designed a technology for creation of computer means for training specialists working at shelf. On example of drill rig it is shown the realization of «virtual» ship concept built on base of single mathematic model including hydrodynamic model, power-generating plant and general systems models to have been united in frame of unified equations system and solved within one time step. The designed model allows for training drill rig main personnel in charge of daily and emergency operation thereof.

T.G. Artyushina. Description and optimization of the multi-level system «vessel» element based on Fuzzy-Set Theory

It is offered an approach for using Fuzzy-Set Theory language together with Hierarchy Multi-level Systems Theory as a Meta-language. It allows for correct reflection of «vessel» system properties and simplification of analyzing thereof.

LLC «Irisoft», LLC «PTC International». Technical illustrations: bridge between 3D CAD and operational documentation

There are shown possibilities to transfer 3D CAD illustrations directly to user documentations accompanying the ready products. Repeated use of 3-D CAD-data in technical documentation allows for reducing the costs of accompanying documentation preparation.

K.A. Smirnov, V.V. Lebedev, A.O. Popko. Legal aspects of shelf field facilities physical safety

There are identified basic regulatory-legal acts related to off-shore oil-gas complex physical safety (vessels, harbor facilities, off-shore facilities for development, processing and transporting the carbon hydrates).

N.A. Valdmann, D.M. Yakovlev. Issues of insurance risks evaluation during marine operations using shelf facilities

There is reviewed method of insurance risk evaluation during rigs towing on example of marine operations project using ice-resistant sea rig «Pri-razlomnaya», insurance risk and damage for potential accident have been assessed.

A.G. Filimonov. Unified method of self-regulated companies management motivation system

It is reviewed the indexes balanced system as a mechanism for informing the personnel about company's goals, achievements control through key indicators of each employee efficiency.

D.V. Kurochkin. US NAVY air tenders in 1918-1939

It reviews the background of US NAVY «Air Tenders» ships in a period of 1918-1939. Special attention is drawn to the variety of such ships.

S.P. Siriy, A.A. Peschurov, Tenth Naval Minister of Russian Emperor's Navy

The Biography of A.A. Peschurov, Tenth Naval Minister of Russian Emperor's Navy

V.M. Bozhich, Matia Zmaevich – Russian Naval Commander

It provides life benchmarks of M. Zmaevich to have been destined to become Russian Naval Commander and to participate in Naval Battle of Gangut.