

Морской



№3(51)
сентябрь
2014
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



1954

**51 ЦКТИС - ведущая конструкторско-технологическая
организация по разработке всех видов документов
для ремонта кораблей и судов ВМФ**

2014



www.51cktis.ru

Морской Вестник

Morskoy Vestnik

№ 3 (51)
сентябрь
2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

С.Н. Форафонов, вице-президент
ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

К.П. Борисенко, профессор ФГБОУ ВПО СПбГМТУ

Члены совета:

А.А. Арутюнян, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.О. Барышников, ректор ФГБОУ ВПО
«ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»

А.С. Бузаков, генеральный директор
ОАО «Адмиралтейские верфи»

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»

А.Ф. Зеньков, генеральный директор ОАО «ГНИИГИ»

М.А. Иванов, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

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

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

Е.В. Комраков, генеральный директор
ЗАО «ОСК. Транзас»

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

А.А. Копанев, генеральный директор
ОАО «НПФ «Меридиан»

Г.А. Коржавин, генеральный директор
ОАО «Концерн «Транзит-Электрон»

А.В. Кузнецов, генеральный директор ОАО «Армалит-1»

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

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

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

С.Н. Седов, генеральный директор ФАУ «Российский
морской регистр судоходства»

В.А. Солонько, председатель Совета директоров
ЗАО «НПО «Севзапспецавтоматика»

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

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

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

Р.А. Урусов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»

А.В. Ушаков, генеральный директор
ОАО «СЗ «Северная верфь»

С.Г. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн «МорФлот»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор
ОАО «ЛСЗ «Пелла»

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

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

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

И.В. Щербаков, генеральный директор
ООО «ПКБ «Петробалт»

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

- Июнь – жаркая пора на «СФ «Алмаз»* 7
- И. Л. Вайсман.** «Пелла»: открываем новые горизонты 9
- Г. В. Егоров, А. Г. Егоров.** Анализ риска эксплуатации сухогрузных судов проектов 21-88 и 21-89 11
- В. В. Шаталов, В. В. Волков, Л. В. Михайлов.** Многоцелевой лесовоз-пакетовоз дедвейтом ок. 12 000 т с улучшенными характеристиками и передовой технологией защищенности и сохранности лесного груза 19
- Д. Ю. Литинский.** Littorial Combat Ship: игры в «трансформеры» заканчиваются 23

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Ю. А. Губанов, Р. С. Шемякин.** Развитие средств для организации гарантированного электроснабжения и электропитания корабельных потребителей 29
- А. И. Миронов, О. А. Бельский.** Диагностика кабельных изделий с целью продления срока их службы на кораблях и судах ВМФ 34
- Л. Г. Кузнецов, Ю. Л. Кузнецов, И. К. Прилуцкий, П. О. Галаев.** Оценка эффективности работы компрессора высокого давления на V-образных базах с различным числом рядов 39
- Поздравление с 75-летием ОАО «ПО «Севмаш» 41
- А. В. Шварева.** Исследование теплотехнических характеристик плоских профилированных труб 43

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- В. В. Кобзев, Ю. Н. Сизов, И. В. Телюк.** Автоматический контроль действий оператора при обучении на тренажере 46
- Ю. Ф. Подоплёкин, В. А. Смирнов.** Технология прогнозирующего контроля бортовых систем управления 49
- Л. М. Клячко, Н. Н. Тарасов, Г. Э. Острецов.** Управление движением судна с компенсацией возмущений 52
- Б. Ю. Семенов.** Системы размагничивания для «малышей». Перспективы развития систем компенсации магнитных полей для кораблей сверхмалого водоизмещения, кораблей на воздушной подушке, воздушной каверне и кораблей-экранопланов 57
- Е. В. Пименов.** Опыт создания систем тахометров для морских и речных судов. Описание трех поколений систем индикации частоты вращения линии вала «Manager» 62
- Д. А. Богданов, В. В. Гапанюк, С. Н. Соловьев, С. В. Ступиенков, Р. А. Мыскин.** Зарубежный опыт применения систем информационной поддержки борьбы за живучесть 63
- В. Г. Лапо, Я. О. Неилко, А. Н. Погорелов, И. А. Крылов, А. П. Орлов.** Подсистема обработки видеoinформации для кораблей ВМФ и пограничной службы 67

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- М. В. Марковский, А. В. Марковский, М. В. Михненко, В. Н. Круглиевский, В. А. Колесник.** Принципы моделирования развития пожароопасных ситуаций на базе математического аппарата клеточных автоматов. 71



НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

- П. И. Малеев, С. М. Слободян, А. А. Цупин, В. А. Цупин.** К вопросу использования лазерных средств навигационного оборудования при движении кораблей и судов по криволинейным траекториям 75
- В. Ю. Бахмутов.** К 85-летию П. И. Малеева 79

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

- С. Ф. Легуша.** ИМО-2014 – поворотный момент в работе организации 81
- Конкурс научных работ, посвященный столетию Научно-технического совета Регистра 83
- В. Н. Илюхин.** О системе поисково-спасательного обеспечения плавания по трассам Северного морского пути 85

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- К 70-летию профессора В. Л. Александрова 88
- А. В. Канаев, М. А. Александров.** Анализ конструктивной схемы настила блока аэрофинишеров и выбор параметров оптимизации 89
- И. О. Маслов.** Оценка течения с помощью сигма-точечного фильтра Калмана 95
- В. К. Ханухов, Б. А. Царев.** Применение кубического модуля при проектной анализе нагрузки и вместимости 98
- М. Ю. Сандаков, Б. П. Ионов.** Определение сил сопротивления битого льда движению судна 102
- П. А. Шауб, Д. И. Кизилов, С. В. Московкина.** Комплексная оценка живучести корабля 106

БИЗНЕС И ПРАВО

- Г. В. Герман, В. А. Рогозин, Г. А. Емельченков.** Обеспечение конкурентоспособности строительства судовых заказов в условиях конкретного судостроительного производства 107
- А. Б. Грицан.** Создание противозатратной системы ценообразования на продукцию оборонного назначения с длительным циклом изготовления. Часть. 1 111

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- В. Е. Юхнин.** Первые годы «Северного ПКБ» 115
- Освоение технологий серийного строительства корветов типа «Стерегущий» на «Северной верфи» 119

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- Итоги общего собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга 124

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- К 60-летию Н. В. Орлова 127

Главный редактор

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

Редакционная коллегия

Ю. В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
В. Н. Глебов, канд. эконом. наук
Е. А. Горин, д-р эконом. наук
Е. В. Игошин, канд. техн. наук
Б. П. Ионов, д-р техн. наук, проф.
Ю. Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А. И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
С. И. Логачёв, д-р техн. наук, проф.
П. И. Малеев, д-р техн. наук
Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.
В. С. Никитин, д-р техн. наук, проф.
В. Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.
Ю. Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В. Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.
Л. А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю. Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.
А. В. Пустошный, чл.-корр. РАН
А. А. Родионов, д-р техн. наук, проф.
К. В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А. А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
В. И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н. П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.
Б. А. Царёв, д-р техн. наук, проф.

Редакция

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

Редактор

Т. И. Ильичёва
Дизайн, верстка
С. А. Кириллов, В. Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,
наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н
Журнал зарегистрирован Министерством РФ по
делам печати, телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ
№ 77-12047 от 11 марта 2002 г.

Учредитель-издатель

ООО «Издательство «Мор Вест»»,
190000, Санкт-Петербург,
наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н.

Электронная версия журнала

размещена на сайте ООО «Научная электронная
библиотека» www.elibrary.ru и включена
в Российский индекс научного цитирования
Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»
включен в перечень ведущих научных журналов и
изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть
опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
<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 № 1456.

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



Editorial Council

Chairmen

S.N. Forafonov, Vice-President
JSC United Shipbuilding Corporation

Co-chairmen:

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

K.P. Borisenko, Professor SPbSMTU

Council Members:

A.A. Arutyunian, Director JSC CRISM

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

A.S. Buzakov, General Director
JSC Admiralty Shipyards

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC USC. Transas

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanov, General Director,

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armatil-1

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

S.N. Sedov, General Director FAI Russian Maritime

Register of Shipping

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Avra

A.V. Shlyakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

V.A. Solon'ko, Chairman of the Board of Directors

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

V.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

G.R. Tsaturov, General Director

JSC LSBY Pella

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

A.V. Ushakov, General Director

JSC SBY Severnaya Verf

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP BUILDING AND REPAIR

<i>June – hot time for Almaz NF</i>	7
I. L. Weissman . «Pella»: Discovering New Horizons	9
G. V. Egorov, A. G. Egorov . Risk analysis of dry cargo vessels operating projects 21-88 and 21-89	11
V. V. Shatalov, V. V. Volkov, L. V. Mikhailov . Multipurpose timber-bundle carrier with a deadweight of approx. 12,000 tons with improved performance and advanced technology of security and safety of timber cargo	19
D. Y. Litinskiy . Littoral Combat Ship: the end of transformers game?	23

POWER PLANTS AND SHIP EQUIPMENT

Y. A. Gubanov, R. S. Shemyakin . Development of means for the organization of guaranteed power supply and ship consumers	29
A. I. Mironov, O. A. Belskiy . Diagnosis of cable products in order to extend their service life on ships and vessels of the Navy	34
L. G. Kuznetsov, Y. L. Kuznetsov, I. K. Prilutckiy, P. O. Galyaev . Assessment of the effectiveness of high pressure compressor on the V-shaped bases with different numbers of rows	39
Congratulation with 75 th anniversary of «PO «Sevmach»	41
A. V. Shvareva . Study of thermal performance of flat profiled pipes.	43

RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEM

V. V. Kobzev, Y. N. Sizov, I. V. Teluk . Automatic control of operator's actions in training on the simulator	46
Y. F. Podoplyokin, V. A. Smirnov . Predictive control technology of onboard control systems	49
A. M. Klyachko, N. N. Tarasov, G. E. Ostretsov . Motion control of ships with disturbance compensation	52
B. Y. Semenov . Degaussing systems for «dummies». Prospects for the development of magnetic field compensation systems for ultra-low displacement ships, hovercrafts, air cavern crafts and WIG crafts	57
E. V. Pimenov . Experience in creating tachometer systems for sea and river vessels. Description of three generations of the «Manager» shaft line RPM indication systems.....	62
D. A. Bogdanov, V. V. Gapanyuk, S. N. Soloviev, S. V. Stupnenkov, R. A. Myskin . Foreign experience in applying information support systems of struggle for survival	63
V. G. Lapo, J. O. Neilko, A. N. Pogorelov, I. A. Krylov, A. P. Orlov . Video processing subsystem for warships and Border Protection Service	67

INDUSTRIAL SAFETY

M. V. Markovskiy, A. V. Markovskiy, M. V. Mihnenok, V. N. Kruglievskiy, V. A. Kolesnik . Principles of modeling of fire situations on the basis of mathematical formalism of cellular automata	71
---	----



NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

- P. I. Maleev, S. M. Slobodyan, A. A. Tsupin, V. A. Tsupin.** *On the problem of the use of laser navigation equipment during ship movement along curvilinear trajectories* 75
- V. Yu. Bakhmutov.** *For the 85th Anniversary of P. I. Maleev* 79

SAFETY OF NAVIGATION

- S. F. Legusha.** *IMO 2014 - a turning point in the work of organization* 81
- Contest of scientific works dedicated to the centennial of Scientific and Technical Council of Register* 83
- V. N. Iuhin.** *On the system of Search and rescue support for navigation along the Northern Sea Route* 85

MARINE ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGY

- For the 70th Anniversary of Professor V. L. Alexandrov* 88
- A. V. Kanaev, M. A. Aleksandrov.** *Analysis of the structural layout of aircraft arresting gear flooring and selection of optimization parameters* 89
- I. O. Maslov.** *Evaluation of current using the sigma point Kalman filter* 95
- V. K. Hanuhov, B. A. Tsarev.** *Application of cubic unit in the design analysis of load and capacity* 98
- M. Y. Sandakov, B. P. Ionov.** *Determination of broken ice resistance to the movement of the ship* 102
- P. A. Schaub, D. I. Kizilov, S. V. Moskovkina.** *Comprehensive assessment of ship survivability* 106

BUSINESS AND LAW

- G. V. German, V. A. Rogozin, G. A. Emelchenkov.** *Maintenance of competitiveness in construction of ship orders in a particular shipbuilding production* 107
- A. B. Gritsan.** *Creation of cost-conscious pricing system for defense products with a long production cycle. Part. 1* 111

HISTORY OF SHIPBUILDING AND NAVY

- V. E. Yuhnin.** *The first years of the «Northern Design Bureau»* 115
- Mastering the technology of serial construction of corvettes class «Stere-gushchy» at the «Northern shipyard»* 119

IN SHIPBUILDERS ASSOCIATION

- Results of the general meeting of the Association of Shipbuilders of St. Petersburg and the Leningrad Region and the Section of the Shipbuilding of the Maritime Council of the Government of St. Petersburg* 124

IN MARITIME BOARD

- For to the 60th Anniversary of N. V. Orlov* 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.ru

Editorial Collegium

Yu.V. Baglyuk, Ph. D.
V.I. Chernenko, D. Sc., Prof.
V.N. Glebov, Ph. D.
E.A. Gorin, D. Sc.
E.V. Igoshin, Ph. D.
B.P. Ionov, D. Sc., Prof.
Yu.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Yu.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.
V.G. Nikiforov, D. Sc., Prof.
Yu.F. Podopliekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia
V.N. Polovinkin, D. Sc., Prof.
L.A. Promyslov, Ph. D.
Yu.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
A.A. Rodionov, D. Sc., Prof.
K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.
N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.
B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.

Editorial staff

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

Editor

T.I. Ilyichiova
Design, imposition
S.A. Kirillov, V.L. Kolpakova

Editorial office

office 13H, 84, Nab. r. Moyki, 190000, St. Petersburg
The magazine is registered by RF Ministry of Press, TV and Radio Broadcasting and Means of Mass Communications, Registration Certificate ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"
office 13H, 84, Nab. r. Moyki, 190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya biblioteka" www.elibrary.ru and is also included to the Russian index of scientific citing.

By the decision of the Council of VAK the Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.
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 № 1456.

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.

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» уже много лет занимает лидирующую и стабильную позицию на рынке судостроения. Последние годы фирма специализируется на постройке скоростных кораблей и катеров для охраны морских границ, больших и малых кораблей, многоцелевых судов для нужд Военно-Морского Флота России.

В конце мая, после успешного спуска на воду двух первых серийных морских самоходных плавучих кранов пр. 02690, «Судостроительная фирма «Алмаз» заложила еще два крана данного проекта, зав. № 904 и 905, а 24 июня на территории ОАО «Морской завод «Алмаз», входящий в состав ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз», состоялся спуск на воду очередного, третьего, морского самоходного плавучего крана этого проекта с зав. № 902. Назначение судна – выполнение всех видов грузоподъемных работ, проведение погрузок разрядных грузов на надводные корабли, подводные лодки и суда, обычных грузов, исполнение работ по обтяжке цепей крепления плавучих причалов, установке и съемке рейдового оборудования, перевозке грузов на верхней палубе. Морские самоходные плавучие краны данного проекта строятся по заказу Министерства обороны Российской Федерации.



Плавучий кран пр. 02690



В конце месяца, а именно 27 июня, на «Алмазе» состоялись торжественные мероприятия, посвященные закладке двух пограничных сторожевых кораблей пр. 22460, зав. № 506, 508, и подъему флага на четвертом из этой серии пограничном сторожевом корабле пр. 22460 «Изумруд».

ИЮНЬ - ЖАРКАЯ ПОРА НА «СФ «АЛМАЗ»

**ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,
контакт. тел.: (812) 350 0334**

Данные корабли строятся для Береговой охраны Пограничной службы ФСБ России.



Корабли пр. 22460 предназначены для охраны государственной границы, территориальных вод, континентального шельфа, для проведения аварийно-спасательных работ, а также для осуществления экологического контроля и ликвидации последствий природных бедствий. Наряду с охраной границы в задачу кораблей этого класса все чаще входят операции по борьбе с терроризмом и морским пиратством.



Одной из основных особенностей кораблей данного проекта является наличие на борту взлетно-посадочной площадки для легкого вертолета, а в кормовой части корабля – наклонного слипа, на котором установлен быстроходный катер жестко-надувного типа, предназначенный, например, для быстрой доставки досмотровой партии на судно-нарушитель.

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» ведет строительство серии морских самоходных плавучих кранов пр. 02690 из девяти единиц строго в соответствии с контрактными сроками, а серия пограничных сторожевых кораблей пр. 22460 сдаётся досрочно. Так, пограничный сторожевой корабль зав. № 505 «Алмаз» планирует сдать заказчику в октябре 2014 г., на год раньше срока, установленного государственным контрактом. ■

ОАО «Пелла» занимает прочную позицию в своем сегменте на рынке судостроения в России. Судостроительный завод специализируется на строительстве современных буксиров и других судов технического флота, лоцманских и специальных катеров. Марка ОАО «Пелла» уже хорошо известна и в России, и в мире. Европейских и российских судовладельцев привлекает сложившаяся за годы работы репутация предприятия как обязательного и ответственного партнера.

«Пелла» известна как верфь, предлагающая поставку типоряда буксиров с тягой на гаке от 20 до 80 т в очень сжатые сроки: период от подписания контракта до сдаточных мероприятий не превышает 12–13 месяцев. Построенные заводом суда отличаются уникальными современными технологиями, высоким уровнем автоматизации и централизации управления, удобным расположением энергетического, навигационного и палубного оборудования, которое комплектуется продукцией ведущих мировых производителей: «Caterpillar», «Cummins», «Rolls-Royce», «Desmi», «Furuno», «Heinen&Norman», «Fludmehnica» и др.

Техническое сопровождение продукции осуществляется в соответствии с требованиями мировых стандартов. Ведущие специалисты верфи принимают участие в гарантийном обслуживании и оказывают судовладельцу консультационную поддержку в течение всего периода эксплуатации судна. ОАО «Пелла» предоставляет гарантию на обслуживание изготовленных судов на три–пять лет.

Только за последние пять лет портфель заказов ОАО «Пелла» был увеличен в три раза. Каждый год ОАО «Пелла» расширяет линейку производства. Доля инновационной продукции составляет не менее 60–70 % в год.

В ближайшем будущем судостроительный завод «Пелла» планирует организовать на собственных мощностях строительство современных кораблей и специальных судов арктического класса, позволяющих в экстремальных условиях Арктики оперативно решать задачи, связанные с обеспечением безопасности арктических территорий в экономической зоне и на континентальном шельфе России, а также с обустройством устойчивой работы Северного морского пути.

Группа специальных судов, включает:

- сторожевое (поисковое, патрульное) судно класса Arc 5,
- ледокол-снабженец класса Icebreaker (Айсбрейкер) 6,
- морской буксир-спасатель класса Arc 5,
- малый морской танкер класса Arc 4.

«ПЕЛЛА»: ОТКРЫВАЕМ НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

И. Л. Вайсман, зам. ген. директора по развитию ОАО «ЛСЗ «Пелла», контакт. тел. (812) 336 4066, 336 4067

Флагман группы – сторожевое (поисковое, патрульное) судно класса Arc 5. Энергетическая установка и ледовые усиления сторожевого судна позволяют выполнять поставленные задачи во льдах толщиной до 1 м.



Сторожевое судно класса Arc 5

Судно имеет автономность до 60 сут. при дальности плавания до 5000 мор. миль и скорости хода не менее 20 уз. Экипаж – 50 человек. Судно предназначено для постоянного патрулирования территории, как в прибрежных, так и в удаленных районах, сопровождения судов обеспечения и для участия в поисково-спасательных операциях в ледовых условиях.

Для ледовой безопасности группы судов и основных сил флота служит ледокол-снабженец класса Icebreaker (Айсбрейкер) 6. Энергетическая установка и ледовые усиления позволяют выполнять задачи в сплошном ледяном поле толщиной до 1,5 м.



Ледокол-снабженец Icebreaker 5

Судно имеет автономность до 60 сут. при дальности плавания до 8000 мор. миль и скорости хода не менее 15 уз. Экипаж – 50 человек. Предусмотрено размещение дополнительно до 32 человек спецперсонала. Ледокол оборудован посадочной площадкой для вертолета типа «Ка-29». Для буксировочных операций судно оснащено лебедками с тяговым усилием не менее 90 т. Для перевозки грузов судно имеет грузовой трюм и возможность размещения до десяти 40-футовых контейнеров. Ледокол-снабженец укомплектован палубным

краном, грузоподъемностью не менее 20 т. Судно оборудовано специальными средствами для борьбы с пожарами.



Морской буксир-спасатель класса Arc 5

Морской буксир-спасатель класса Arc 5 с тяговым усилием не менее 80 т, оборудован энергетической установкой и имеет ледовые усиления, что позволяет выполнять буксировочные операции во льдах толщиной до 80 см, в прибрежных и в удаленных районах.

Судно имеет автономность до 30 сут. при дальности плавания до 5000 мор. миль и скорости хода не менее 14 уз. Экипаж – 32 человека. Предусмотрено размещение дополнительно до 20 человек спецперсонала. Буксир имеет посадочную площадку для вертолета типа «Ка-29». Для перевозки грузов судно имеет грузовой трюм, предусмотрена возможность базирования до четырех 40-футовых контейнеров. Кроме того судно оборудовано специальными средствами для борьбы с пожарами на надводных кораблях и береговых объектах.

Для обеспечения топливом, пресной водой и грузами основных сил флота и береговых объектов как в прибрежных, так и в удаленных районах служит малый морской танкер класса Arc 4. Энергетическая установка и ледовые усиления позволяют судну выполнять транспортировочные и бункеровочные операции во льдах толщиной до 80 см, в прибрежных и в удаленных районах.



Малый морской танкер класса Arc 4

Судно имеет автономность до 30 сут. при дальности плавания до 1500 мор. миль и скорости хода не менее 14 уз. Экипаж – 24 человека. Для бункеровочных операций судно оборудовано грузовыми танками вместимостью около 2000 м³. На судне предусмотрены место для приема груза вертолетным способом и грузовой трюм вместимостью до 125 м³. На судне возможно базирование мобильного комплекса для ликвидации аварийных разливов нефти.

НОВЫЕ МОЩНОСТИ

Устойчивое финансовое положение завода позволяет привлекать для решения задач необходимые ресурсы и инвестиции. В целях дальнейшего развития мощностей и освоения выпуска судов длиной до 100 м завод «Пелла» на собственные и привлеченные внебюджетные средства реализует инвестиционный проект «Строительство нового судостроительного комплекса в Ленинградской области» с общим объемом инвестиций около 3 млрд. руб. Строительство этого судостроительного комплекса было начато в 2012 г. Он располагается на земельном участке площадью 19,9 га на 3 км ниже по течению р. Невы от существующей площадки. В проектировании и оснащении нового судостроительного комплекса принимают участие ведущие компании Норвегии, Германии, Италии и др. Запуск нового судостроительного комплекса запланирован на 2014 г.

Реализация этого инвестиционного проекта позволит освоить дополнительный ежегодный выпуск не менее шести современных высокотехнологичных морских судов для обновления российского транспортного, рыбопромыслового и специального технического флота и строить суда длиной до 100 м в отличие от первой судостроительной площадки, где есть ограничение по строительству судов – до 48 м.

Это позволит создать до 1500 новых рабочих мест. Общий объем выпуска судов на отечественных площадках завода «Пелла» с учетом нового комплекса существенно возрастет и составит около 17 млрд. руб. в год.

ОАО «Пелла» располагает опытом постройки современных высокотехнологичных судов с высокой степенью автоматизации управления, а также опытом разработки и реализации проектов модернизации и реконструкции своих мощностей для постоянного развития металлического и стеклопластикового судостроения, уделяет особое внимание вопросам своевременной подготовки и переподготовки кадров специалистов и рабочих.

Сегодня «Пелла» серийно строит типоряд высокоманевренных современ-



ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла»

ных буксиров, отвечающих всем мировым требованиям, мощностью от 1500 до 5000 л.с., которые успешно эксплуатируются в крупных портах России, таких как Новороссийск, Санкт-Петербург, Приморск, Усть-Луга, Находка, Темрюк, Калининград, Ванино, Мурманск, Махачкала, а также в гаванях Прибалтики, Скандинавских стран, Норвегии, Италии и других стран.



Буксир пр. RAscal 2000



Буксир пр. 90600



Буксир пр. 16609



Буксир пр. ПЕ-65



Лощманский катер пр. PI-22

Все новые виды продукции «Пеллы» являются воплощением многолетнего опыта, инженерного поиска и технического творчества специалистов завода, их сотрудничества с ведущими дизайнерскими бюро ряда стран. Для реализации этих планов руководство ОАО «Пелла» приняло решение о расширении производственных мощностей за рубежом.



Рыбопромысловое судно пр. PL-474



**Многоцелевой буксир-спасатель
пр. ПС-45**



**Многофункциональное судно
портового обслуживания
пр. СКПО-1000**

ОКНО В ЕВРОПУ

В марте 2014 г. состоялось подписание договора купли-продажи немецкой верфи «Sietas Werft», расположенной в Гамбурге, площадью 16 га и проектной мощностью до 250–300 млн. евро продукции в год при численности персонала

до 700 человек. Главная цель приобретения активов – дальнейшее увеличение мощностей производственных фондов, а также ускорение трансфера современных европейских технологий на завод «Пелла» и в российское судостроение, повышение уровня конструкторской и технологической подготовки производства предприятия для освоения нового типа морских судов и кораблей. Верфи в Германии присвоен новый бренд – «Pella Sietas GmbH».

«Sietas Werft» – старейшая верфь в Германии, в марте 2014 г. ей исполнилось 379 лет со дня основания. На мощностях верфи за последние годы были построены современные морские суда длиной до 168 м и водоизмещением до 15 000 т, в том числе:

- контейнеровозы, балкервозы, химовозы,
- пассажирские круизные суда,
- специальные суда для обслуживания и обеспечения работы морских месторождений углеводородов,
- суда-платформы для размещения ветровых электростанций

и другие высокотехнологичные суда.

ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла» планирует сформировать портфель заказов для оптимальной загрузки мощностей этой

верфи и инвестировать необходимые средства в ее развитие.

Основные направления модернизации мощностей дочерней верфи в настоящее время уточняются с учетом реальной номенклатуры портфеля перспективных заказов на период до 2020 г. и разработок, выполненных одной из ведущих проектно-технологической фирм Германии.

На новых производственных мощностях завода «Pella Sietas GmbH» предполагается расширение судостроительной продуктовой линейки с учетом технологических возможностей новой площадки, включая проектирование и строительство судов длиной до 150 м, осадкой более 6 м, в том числе современных научно-исследовательских судов и судов специального назначения для работы в различных регионах.

Приобретенная верфь обладает всеми техническими возможностями для осуществления этих планов: необходимое оборудование, квалифицированный технический персонал и богатый опыт строительства крупных судов.

Реализация данного проекта развития мощностей позволит еще более упрочить позиции ОАО «Пелла» в судостроении в России и обеспечить конкурентоспособность продукции завода на мировом рынке. ■

Постановка проблемы. 105 сухогрузных судов внутреннего плавания типа «Калининград» пр. 21-88 и типа «Рефрижератор» пр. 21-89 (обычно все такие суда называют «Чешками») габаритными размерами (длиной × шириной × высотой борта × осадкой) 103,62×12,20×4,90×3,00 м класса Речного Регистра «О» с допускаемой высотой волны 2 м были построены с 1962 по 1968 г. в Чехословакии, на верфи «Словенске Лоденице» в г. Комарно по проекту, разработанному КБ верфи в 1959–1960 гг. В свое время составляли, как и известные суда типа «Волго-Дон» и «Волго-Балт» ранних серий, основу отечественного сухогрузного речного флота.

На дату подготовки публикации (май 2014 г.) в эксплуатации находилось 62 судна пр. 21-88 и 21-89 (одно из судов переоборудовано в стоечное и работает на Днестре). Из них 5 – в негодном техническом состоянии. За прошедшие годы 37 судов были переклассифицированы из речных в суда смешанного «река-море» плавания (М-СП – 4 судна, М-ПР – 12 судов, О-ПР – 15 судов, R3-RSN – 4 судна, R2-RSN – 2 судна). Всего в классе РРР эксплуатируется 50 судов, остальные – под другими классами классификационных обществ. В последние годы наблюдается тенденция возвращения судов такого типа на реки, что связано с их ограниченным эксплуатационным ресурсом и ограниченной возможностью эксплуатации в морских условиях. Средний возраст находящихся в эксплуатации судов пр. 21-88 и 21-89 составляет 49,3 года.

Безусловно, столь солидный возраст для грузовых судов, активно эксплуатирующихся на внутренних водных путях России, не может не оказать влияние на надежность их корпусов, устройств, систем и, соответственно, не раз приводил к авариям с гибелью людей и загрязнением окружающей среды.

АНАЛИЗ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ ПРОЕКТОВ 21-88 И 21-89

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, ген. директор,

**А.Г. Егоров, мл. науч. сотрудник, ЗАО «Морское Инженерное Бюро»,
контакт. тел. (812) 232 8538**

Однако на них до сих пор осуществляются перевозки, в том числе и опасных грузов.

Цель статьи – анализ происшедших с 1991 г. по настоящее время аварий с корпусами сухогрузных судов пр. 21-88 и 21-89. Были рассмотрены происшествия, которые связаны с корпусом и устройствами, а также с пожарами и взрывами.

Суда этих проектов стальные, однопалубные, двухвинтовые, грузовые, без седловатости, с двойным дном высотой 800 мм, с одинарным бортом, баком и ютом, с машинным отделением, жилой и рулевой рубками, расположенными в корме, с четырьмя грузовыми трюмами. Предназначены для перевозки угля, концентратов, аппаратов, зерна, соли, леса и генеральных грузов.

Мидель-шпангоут судна приведен на рис. 1. Шпанция поперечного набора в средней части составляет классические для судов смешанного плавания 550 мм, в носовом районе 0...23 шп. – 400 мм, в кормовом районе – 177...189 шп. – 500 мм. Для судового корпуса были использована сталь с пределом текучести 235 МПа*, для продольного комингса – сталь с пределом текучести 380 МПа. Система набора смешанная: днище

* Причем на части судов по специальному разрешению была применена кипящая сталь, что для послевоенной практики мирового судостроения является совершенно уникальным (и опасным) явлением.

(19...180 шп.), второе дно (19...147 шп.), палуба (1...166 шп.) набраны по продольной системе набора; днище (0...19 шп. и 180...189 шп.) и борт – по поперечной системе набора.

Толщины листов обшивки: бортов – 8 мм, днища – 7, 8 мм; палубы – 6, 8, 10 мм; ледовый пояс в носовой части – 10 мм; ледовый пояс в кормовой части – 9 мм. Толщина настила второго дна – 7 мм*. Основной набор (шпангоуты, продольные ребра жесткости второго дна, днища, верхней палубы) сделан из полособульбов 10. Толщина стенки флора, днищевое стрингера, рамного шпангоута, бортового стрингера, рамного бимса – 6 мм. Толщина стенки вертикального килля – 8 мм. Рамные шпангоуты в районе грузовых трюмов установлены через три шпации.

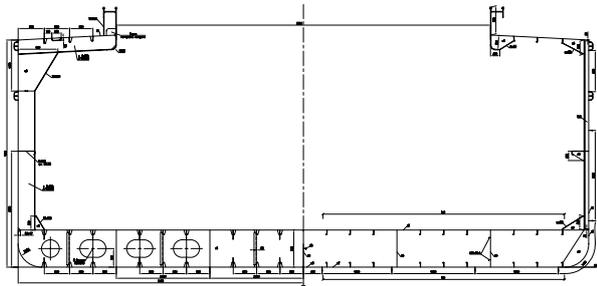


Рис. 1. Мидель-шпангоут судна проекта 21-88

Суда проектировались на требования класса «О», соответственно, ресурс по износу при условии работы корпуса в этом же классе составляет, как правило, 24 года и более. Эксплуатация в классе «М» (т.е. через Ладогу и Онегу) снизила ресурс всех поясов наружной обшивки толщиной 7 мм до 13–24 лет. По нисходящей, при обеспечении выхода судов в море в классе «М-ПР», ресурс составил от 10 лет, в классе «М-СП» – от 5 лет (но не более 20 лет). Понятно, что еще находящиеся в работе суда пр. 21-88 и 21-89, средний возраст которых около 50 лет, можно эксплуатировать в классах смешанного «река-море» плавания и в классе «М» только после существенного ремонта, с заменой до 60–70% конструкций (рис. 2).

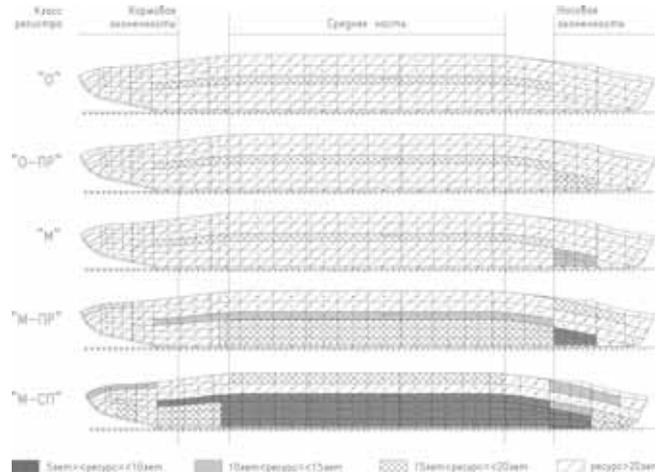


Рис. 2. Изменение ресурса обшивки судна пр. 21-88 в зависимости от района его эксплуатации

Всего авторами было обработано 124 аварии и катастрофы с судами, находившимися под надзором РРР, РС и РУ. Суда имели ограничения по величине высоты волны 1%-ной обеспеченности [$h_{1\%}$] от 1,5 до 2,0 м и 3%-ной обеспеченности [$h_{3\%}$] от 1,5 до 3,5 м.

Согласно [2] по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно классифицированы пятью уровнями последствий (табл. 1). Формальная оценка последствий обозначается величиной С, определяемой по 5-балльной шкале.

В табл. 2 дана предложенная в [3] и расширенная в [4, 5] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности судов внутреннего и смешанного «река-море» плавания.

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как $F_{AB} = N_1 / N_{AB}$, частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий $C = 4$ и $C = 5$ $F_{КАТ} = N_1 / N_{КАТ}$, где N_1 – число аварийных ситуаций, при которых имела место i -я опасность, N_{AB} – количество всех изучаемых аварий, $N_{КАТ}$ – количество катастроф.

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей имеет $F_{КАТ} > F_{AB}$, это свидетельствует об их значительной роли в увеличении степени тяжести последствий событий.

Среди них – несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации (опасность 1.1) и близкая к ней по сути опасность 1.7 – большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкая к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность); опасность 2.1 – перевозка металлолома и опасность 2.3 – приращение грейферов.

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении дефектации (опасность 1.4), при эксплуатации судна (опасности 3.2, 3.4, 3.7, 3.10, 3.11, 3.13).

Общую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход судов из классических структур пароходств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасности 1.2, 1.3, 3.6, 3.10, 3.11, 3.13).

Суда пр. 21-88/21-89 в связи с их пониженным стандартом прочности имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запоректному росту усилий на тихой воде и на волнении (опасности 1.1, 3.2, 3.3, 3.7, 3.8) отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус рассматриваемых судов этих опасностей.

Суда работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой (ССП), что повышает весомость опасности 3.5, так как она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Таблица 1

Классификация последствий аварий и аварийных ситуаций с судами пр. 21-88/21-89

Уровень последствий С	Кол-во рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие на людей	Воздействие на окружающую среду	Повреждение технических средств
1 – Light Incident	79	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	28	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	6	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	0	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	11	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

* Для работы грейферами толщина совершенно недостаточна.

Идентифицированные опасности для судов внутреннего и смешанного «река-море» плавания пр. 21-88/21-89

№	Опасность	$F_{AB}, \%$	$F_{КАТ}, \%$
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	100,0	100,0
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	16,9	100,0
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	49,2	100,0
1.3	Нарушение технологии при выполнении построчных, ремонтных и модернизационных работ	82,3	0,0
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	76,6	90,9
1.5	Ошибки проектировщиков	0,8	0,0
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	9,7	0,0
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	8,9	81,8
1.8	Не выполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	7,3	81,8
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	12,9	0,0
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	16,1	0,0
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	37,1	0,0
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	0,8	0,0
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	37,9	100,0
2.1	Перевозка металлолома	37,1	100,0
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	2,4	18,2
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	32,3	100,0
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	4,0	9,1
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	100,0	100,0
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,8	0,0
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	11,3	100,0
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	8,1	18,2
3.4	Навигационные ошибки	25,0	36,4
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	25,8	0,0
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	45,2	0,0
3.7	Ошибка прогноза	8,9	90,9
3.8	Перегруз судна	1,6	9,1
3.9	Смена судовладельца	50,8	100,0
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	4,0	45,6
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	2,4	9,1
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	4,0	0,0
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	37,1	72,7

Например, в мае 1983 г. на судне пр. 21-89, не имевшем ледовых усилений, после осенней эксплуатации под проводкой ледоколов в сплошном льду толщиной 40 см, нашугованном до 1,0 м, при температуре до -32° и последующей постановки судна на зимний отстой были обнаружены две трещины в средней части. Отмечено, что борт и палуба во время зимовки были покрыты слоем льда толщиной 100–150 мм.

Одна из трещин – по шп. 68–72 – возникла у продольного комингса, пересекла палубу, перешла на борт и на расстоянии 2000 мм от палубы разветвилась на три ветви. В месте разветвления была обнаружена деформация «клина» по наружной обшивке длиной 550 мм и отходом от линии борта на 40 мм наружу. Продольный и поперечный набор был разорван вместе с листами. Общая длина трещины составила почти 4000 мм.

Трещина по наружной обшивке борта в районе шп. 94–95 возникла у палубы и распространилась вниз (практически вертикально) на расстоянии 1200 мм с раскрытием до 8 мм и со смещением кромок до 10 мм.

Как было установлено, во время ледовой проводки корпус судна получил повреждение в виде вмятины в районе шп. 65–74 общей площадью 12,0 м² со стрелкой прогиба 60 мм. Кроме того, была выявлена сплошная коррозия на кромках трещин, что указывало на более ранний период их появления. Проведенный анализ материала позволил сделать вывод о том, что для постройки судна была применена сталь кипящей плавки.

Вероятнее всего, хрупкие трещины возникли во время перехода в ледовых условиях как результат сочетания не-

скольких неблагоприятных факторов – отрицательной температуры, материала (кипящей стали) и ударного ледового воздействия как инициатора трещины. При этом напряжения от общего изгиба в палубе были невелики и составили 81 МПа при пределе текучести 235 МПа (34%).

Был выполнен ремонт корпуса с заменой конструкций борта и палубы. Интересно отметить, что в настоящее время однотипные (пр. 21-88, 21-89) суда после подкреплений работают в море (рис. 3).

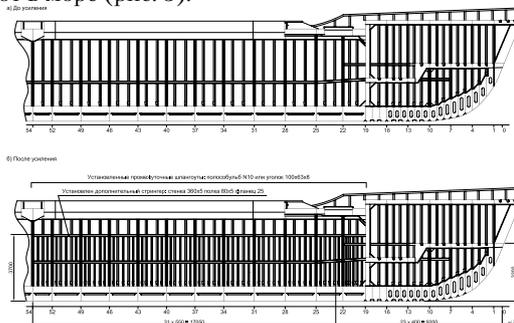


Рис. 3. Ледовые усиления на судне пр. 21-89

Обобщенные данные табл. 2 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (для случаев с $C = 1$, $C = 2$ и $C = 3$ примеры анализа приведены в табл. 3, для случаев с $C = 4$ и $C = 5$ – в табл. 4).

Все из рассмотренных 124 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряже-

Формальная оценка риска судов пр. 21-88/21-89

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	F	C	R	F	C	R
1.1	0,847	1,730	1,465	5,000	2,576	12,879
1.2	2,460	1,705	4,194	5,000	4,545	22,727
1.3	4,113	0,618	2,540	0,000	0,000	0,000
1.4	3,831	0,611	2,339	4,545	1,667	7,576
1.5	0,040	0,667	0,027	0,000	0,000	0,000
1.6	0,484	0,944	0,457	0,000	0,000	0,000
1.7	0,444	1,788	0,793	4,091	2,037	8,333
1.8	0,363	3,519	1,277	4,091	3,519	14,394
1.9	0,645	1,229	0,793	0,000	0,000	0,000
1.10	0,806	1,200	0,968	0,000	0,000	0,000
1.11	1,855	1,116	2,070	0,000	0,000	0,000
1.12	0,040	1,333	0,054	0,000	0,000	0,000
2.1	1,855	0,964	1,788	5,000	2,576	12,879
2.2	0,121	2,556	0,309	0,909	3,333	3,030
2.3	1,613	1,117	1,801	5,000	2,576	12,879
2.4	0,202	2,067	0,417	0,455	3,333	1,515
3.1	0,040	2,000	0,081	0,000	0,000	0,000
3.2	0,565	4,214	2,379	5,000	5,000	25,000
3.3	0,403	2,633	1,062	0,909	4,167	3,788
3.4	1,250	1,538	1,922	1,818	3,333	6,061
3.5	1,290	1,771	2,285	0,000	0,000	0,000
3.6	2,258	0,911	2,056	0,000	0,000	0,000
3.7	0,444	3,818	1,694	4,545	4,000	18,182
3.8	0,081	2,000	0,161	0,455	3,333	1,515
3.9	2,540	1,079	2,742	5,000	3,030	15,152
3.10	0,202	3,333	0,672	2,273	3,333	7,576
3.11	0,161	2,250	0,363	0,455	5,000	2,273
3.12	0,202	1,133	0,228	0,000	0,000	0,000
3.13	1,855	1,442	2,675	3,636	3,542	12,879

ятность F определялась по 5-балльной шкале (1 – частота возникновения в 0–20% аварийных случаях, 2 – 21–40%, 3 – 41–60%, 4 – 61–80%, 5 – 81–100%).

В табл. 5 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.

На основе данных табл. 5 были построены матрицы риска судов пр. 21-88 и 21-89: на рис. 4 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье и на рис. 5 – для катастроф.



Рис. 4. Матрица риска судов пр. 21-88/21-89 (для всех исследованных аварий)

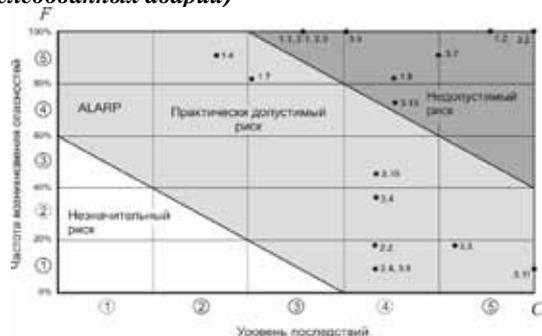


Рис. 5. Матрица риска судов пр. 21-88/21-89 (для катастроф)

Анализ рис. 4 и 5 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

- наибольшую опасность судов пр. 21-88/21-89 представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций, что совершенно понятно при наличии поясьев обшивки и настила второго дна толщиной 7 мм и отсутствию второго борта, низкой устойчивостью продольных ребер жесткости из полособульбов профиля 10), 1.8 (невыполнение условий МК-66, особенно по люковым закрытиям, так как суда вообще не проектировались для моря), 3.2 (нарушение ограничений), 3.7 (ошибки прогноза), 3.9 (смена судовладельца) и 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к зоне «недопустимого риска»;

- опасность 3.10 (эксплуатация при негодном техническом состоянии) имеет достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, относится к т.н. зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;

- опасности 2.2 (перевозка взрывоопасных грузов), 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.3 (посадки на мель), 3.4 (навигационные ошибки), 3.8 (перегруз), 3.11 (перегон, буксировка) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий;

- опасности 1.1 (несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 1.7 (большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций), 2.1 (перевозка металлолома), 2.3 (применение грейферов) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 3], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого риска», должны быть

подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий), не смотря на уровень затрат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском судов пр. 21-88/21-89 при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-технических мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (рис. 6) и распределение по годам (рис. 7).

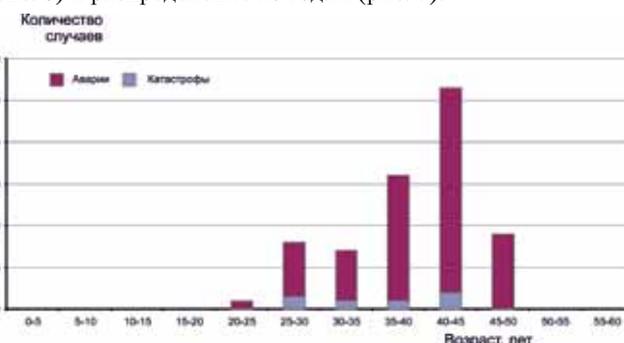


Рис. 6. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

На рис. 6 отмечается устойчивый рост аварийности судов старше 37 лет с пиком аварий для судов с возрастом 40–45 лет. Полученные данные можно считать не совсем полными, так как отсутствуют в необходимом для статистики объеме данные об аварийных происшествиях до 1991 г.

Рис. 7 позволяет отметить рост аварийных случаев, начиная с 2004 г. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 2008 г. (16 случаев). За 2014 г. данные на начало речной навигации этого года.

Интерес представляет также распределение по классам аварий (табл. 6). Графически роль различных классов ава-

Распределение происшествий и аварий по классам

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Количество	11	1	64	48	124
Относительная доля	8,9%	0,8%	51,6%	38,7%	100,0%
Аварии					
Количество	1	1	63	48	113
Относительная доля	0,9%	0,9%	55,8%	42,5%	100,0%
Катастрофы					
Количество	10	0	1	0	11
Относительная доля	90,9%	0,0%	9,1%	0,0%	100,0%
Относительная опасность класса аварии					
Доля аварий в общем количестве событий	9%	100%	98%	100%	
Доля катастроф в общем количестве событий	91%	0%	2%	0%	

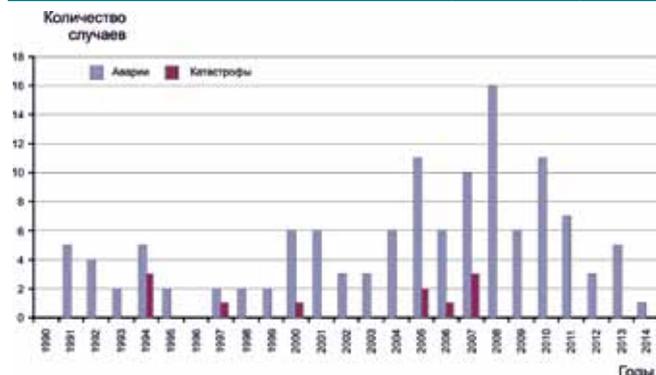


Рис. 7. Распределение количества аварий и катастроф по годам

рий представлена на рис. 8–10. Как видно из табл. 6, при всех уровнях последствий половина всех аварий приходится на повреждение корпуса, чуть больше трети на повреждение устройства, на затопление менее 10%.

Примером катастроф из-за повреждения люковых закрытий и корпуса является гибель 11 ноября 2007 г. в шторм в Керченском проливе «Нахичевани» (с грузом серы 2366 т) и «Вольногорска» (с грузом серы 2437 т). Критическая ситуация явилась результатом аномальной, трудно прогнозируемой штормовой погоды с ураганным ветром со скоростью до 35 метров в секунду. В 10.05 был получен сигнал бедствия от т/х «Вольногорск». Шторм сорвал люковые закрытия, забортная вода стала заливать грузовые трюма. С уже тонущего судна весь экипаж высадился на спасательный плот, который через два часа был выброшен на материковую часть косы Тузла (люди спаслись). В 10.30 т/х «Вольногорск» затонул на глубине 11 м. В дальнейшем водолазным осмотром было установлено, что «Вольногорск» опрокинулся и лег на грунт вверх днищем. В 11.44 было получено сообщение с т/х «Нахичевань» о том, что сняться с якоря не может, сорваны люковые крышки трюмов, затоплено два трюма. Капитан пытался спустить плоты. В 12.39 буксир «Нептуния» поднял с воды на борт три человека из экипажа судна. Позднее по результатам водолазных осмотров было установлено, что «Нахичевань» лежит на грунте, из воды виднеется верхняя часть рубки и носовая мачта. Судно получило значительные повреждения корпуса: пробоина в борту, крышки грузовых трюмов сорваны, груз (сера) в грузовых трюмах отсутствует.

В итоге, в девяти из десяти событий, связанных с затоплением, происходит гибель судна этого проекта, при этом зафиксирован лишь один случай гибели судна из-за перелома корпуса.

За анализируемый период (с 1991 г. по настоящее время) произошла всего одна авария, связанная с пожаром и взрывом. Не зафиксировано ни одного события, связанного с пожарами и взрывами, которые привели бы к катастрофе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности

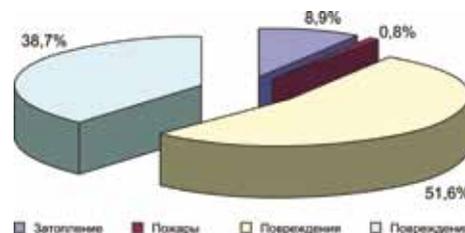


Рис. 8. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)

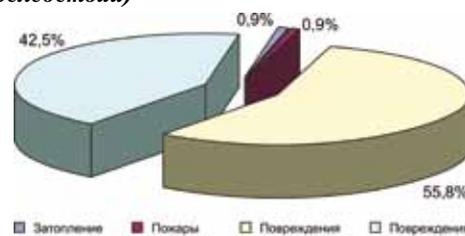


Рис. 9. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий С=1, 2, 3)



Рис. 10. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий С=4 и 5)

сухогрузных судов при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации.

Требуется кардинальное долговременное решение проблемы – строительство нового флота сухогрузных судов смешанного «река-море» плавания.

ЛИТЕРАТУРА

- Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
- Он же. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов // Автоматизация судовых техн. средств: науч.-техн. сб. – 2000. – Вып. 5. – Одесса: ОГМА. – С. 36–53.
- Он же. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания. – Сб. науч. тр. УГМТУ. – Николаев, 2000. – №5. – С. 49–59.
- Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ риска и надежности нефтеналивных судов типа «Волгопетр» проектов 558/550 и 1577/550А // Морской вестник. – 2013. – № 3 (47). – С. 39–45.
- Егоров А.Г. Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991–2010 годы // Проблемы техники. – 2011. – №1. – С. 3–30. ■

Лесопромышленный комплекс России в настоящее время сохраняет экспортную направленность с постоянной тенденцией к вывозу лесного сырья.

В последний период происходило снижение объемов перевалки лесных грузов в российских портах, что вызвано не только общим состоянием лесопромышленного комплекса и сокращением экспорта древесины, экономическим кризисом 2008 г., но и большим участием железнодорожного и автомобильного транспорта в экспортных отправлениях лесных грузов из РФ в соседние страны через сухопутные переходы (по главным экспортным направлениям Северо-Запад РФ – Финляндия, Дальний Восток – Китай).

Лесные грузы занимают по своему удельному весу примерно 10% в общем объеме перевалки генеральных грузов в морских портах России: в 2011 г. – 9,8%; в 2012 г. – 9,2%.

Более половины всех лесных грузов (по данным 2012 г.) приходится на порты Дальневосточного бассейна – ок. 54%; на порты Северного бассейна – ок. 17%; Азово-Черноморского бассейна – 15%; Балтийского бассейна – 8%; Каспийского бассейна – 6%.

Из этих портов главными по перевалке лесных грузов в 2012 г. были порты Ольга и Ванино с грузооборотом более 1 млн. т, а также Архангельск и Новороссийск. В совокупности эти четыре ведущих лесных порта России в 2012 г. перевалили около 65% всего объема этого вида груза в портах страны.

Большая часть эксплуатируемых в РФ судов-лесовозов относится к низкоэффективным, морально и физически устаревшим судам:

– средний возраст лесовозов составляет 28 лет;

– суда имеют плохую защищенность грузов на открытой палубе, что приводит к порче и потере груза. В силу ограниченной вместимости грузовых трюмов до 30–40% лесного груза на этих судах перевозится на открытой палубе (на топчине верхней палубы и на люковых крышках). В связи с этим караван леса на палубе достигает высоту до 6 м и более. Крепление его и защита от заливания морской водой и осадками становится весьма проблематичной, особенно это касается пакетов леса, располагаемых на топчине и обеспечивающих лесную марку судну;

На многих лесовозах до настоящего времени крепление палубного груза выполняется с использованием деревянных стеньг из перевозимого леса, прочность которых в условиях штормовой погоды недостаточна, что приводит к поломке стеньг, сваливанию части каравана за борт, созданию опасной ситуации для остойчивости судна и, в конечном итоге, к потере части лесного груза,

МНОГОЦЕЛЕВОЙ ЛЕСОВОЗ-ПАКЕТОВОЗ ДЕДВЕЙТОМ ОК. 12 000 Т С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ И ПЕРЕДОВОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ И СОХРАННОСТИ ЛЕСНОГО ГРУЗА

В. В. Шаталов, *ген. директор,*

В. В. Волков, *гл. конструктор,*

Л. В. Михайлов, *вед. специалист, ОАО КБ «Вымпел»,
контакт. тел. +7 (831) 439 6723*

созданию аварийно-опасных ситуаций для судоходства;

– суда имеют низкий запас остойчивости и плавучести особенно при обледенении в районах Севера и Дальнего Востока.

Это объясняется в первую очередь недостаточной шириной судов и необходимостью приема значительного объема водяного балласта при перевозке лесного груза, достигающего до 30% и более от дедвейта судна, что приводит к снижению грузоподъемности судна по лесу и непродуцательной перевозке морской воды;

– суда имеют низкоэффективное грузовое устройство, состоящее из грузовых стрел с низкой оперативностью в погрузо-разгрузочных работах.

Поэтому требования к лесовозам нового поколения заключаются в максимальном раскрытии трюмов, отказе от бортовых «карманов» и предельном уменьшении «карманов» в продольной плоскости судна.

Известно, что лесовозы только на 35–40% своего эксплуатационного времени используются непосредственно для транспортировки лесного груза. Это объясняется прежде всего односторонней загрузкой судов, вынужденными балластными пробегами и ледовой обстановкой в северных морских портах РФ.

Поэтому с целью повышения эффективности эксплуатации лесовозов судовладельцам требуется универсальное многоцелевое судно, имеющее возможность перевозить не только лесной груз (пиломатериалы и круглый лес), но и другие виды грузов, в том числе в контейнерах.

Для исключения указанных недостатков существующих лесовозов назрела необходимость создания лесовозов нового типа и пополнения ими флота РФ.

Актуальность разработки проекта нового многоцелевого лесовоза-пакетовоза подтверждается наличием достаточно стабильного объема перевозок лесных

грузов (6,1 млн. т – в 2011 г. с ростом к 2020 г. до 12,4 млн. т).

При разработке нового типа лесовоза-пакетовоза использованы материалы по судам-лесовозам, выполненные за последние десятилетия ЦНИИМФ и опубликованные в открытой печати.

В проекте лесовоза-пакетовоза принята попытка создания универсального типа судна дедвейтом около 12 000 т, пригодного как для Северного, Балтийского, так и для Дальневосточного и Азово-Черноморского бассейнов.

При проектировании лесовоза-пакетовоза нового типа в первую очередь следует учитывать особенности и ограничения, накладываемые вышеуказанными морскими портами. В частности, ограничения по осадке в 8 м имеют лесные терминалы портов Архангельск (район Экономия), Новороссийск, дальневосточный порт Ольга.

Ограничения по размерениям судов имеет порт Архангельск – не более 175 м (район Экономия) и 135–160 м (район Бакарица) и Маймаксанский лесной порт (на Северной Двине). Последний район порта Архангельск и Маймаксанский лесной порт имеют ограничения по осадке 7,5 м.

Район Экономия Архангельского морского порта имеет ограничения по ширине судов 30 м. По условиям ледовой обстановки в районах эксплуатации лесовозу необходимо присваивать ледовый класс РС не ниже Агс4.

В соответствии с условиями эксплуатации проектируемого лесовоза-пакетовоза с учетом направления и дальности перевозок лесных и других грузов в проекте признано целесообразным назначить, следующие эксплуатационные характеристики проектируемого судна:

скорость хода – не менее 14 уз при 85% МДМ и включенном валогенераторе;
дальность плавания – 7 000 миль;
автономность по запасам топлива, масла и провизии – 30 сут.

Лесовоз-пакетовоз определен как многоцелевое судно с назначением к перевозке пакетированных лесных грузов в виде пиломатериалов и круглого леса, и, кроме того, генеральных и навалочных грузов (зерно, уголь), 20- и 40-футовых контейнеров международного стандарта, металла, труб большого диаметра, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, опасных грузов классов 1, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 Международного кодекса морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ), а также колесной техники с топливом в баках (с погрузкой краном).

Архитектурно-конструктивный тип современного морского лесовоза-пакетовоза близок к типу современного многоцелевого сухогруза. Это однопалубное судно с минимальным количеством грузовых трюмов, кормовым расположением машинного отделения, баком и ютом, двойными бортами в районе грузовых трюмов, кормовой многоярусной надстройкой башенного типа, максимально отнесенный в корму с целью освобождения палубы для размещения палубного груза, каравана леса или контейнеров ISO.

Особенности архитектуры вновь проектируемого лесовоза-пакетовоза объясняются стремлением достичь двух основных целей:

- максимальной защищенности лесного груза от намокания и повышения сохранности лесного каравана на волнении;
- уменьшения количества водяного балласта при перевозке лесного груза и повышения полезной грузоподъемности судна по лесному грузу.

Исходя из вышесказанного, на вновь проектируемом лесовозе-пакетовозе приняты отношения: $L/B = 5,63$; $B/T = 2,9$; ширина расчётная – 23,2 м; ширина трюмов \times высота трюмов – 20,0 \times 12,7 м; высота комингса грузовых трюмов – 3,5 м; длина комингсов – от бака до юта с образованием грузовой надстройки.

При этом вместимость трюмов достигает около 20 700 м³, что позволяет разместить в трюмах около 80% лесного груза (при УПО = 2,32 м³/т), а при величинах удельного погрузочного объёма (УПО), равного 2,17–1,65 м³/т, рекомендуемого Северным морским пароходством, практически весь объём лесного груза размещается в трюмах.

Для улучшения условий погрузки/выгрузки грузовые трюмы выполнены без подпалучных «карманов» у бортов и с незначительными «карманами» у поперечных переборок.

Выбор главных размерений проектируемого лесовоза-пакетовоза определялся заданной величиной дедвейта 12 000 т и ограничением осадки (8,0 м) – с одной стороны и с другой стороны – стремлением достичь максимальной грузовмест-

имости трюмов для уменьшения объёма перевозимого на палубе каравана леса, оптимальным размещением в трюмах пакетов пиломатериалов, круглого леса, контейнеров ISO и максимальной грузоподъемности судна при перевозке лесного груза.

С учетом длины МО, равной 15,4 м, главные размерения лесовоза-пакетовоза следующие:

Длина наибольшая, м	137,5;
Длина между перпендикулярами, м	130,6;
Ширина по КВЛ, м	23,2;
Ширина наибольшая, м	23,6;
Высота борта до верхней палубы, м	10,6;
Осадка по КВЛ, м	8,0;
Высота грузового трюма, м	12,7;
Высота двойного дна, м	1,4

При разработке проекта обращалось особое внимание на повышение полезной грузоподъемности лесовоза при перевозке лесных грузов за счет сокращения в составе дедвейта жидкого балласта в рейсах с лесным грузом, для чего остойчивость судна с грузом леса обеспечивается в основном за счет увеличенной расчетной ширины корпуса

Это позволит иметь жидкий балласт в рейсах с лесом не более 890 т, т.е. порядка 7% от дедвейта, в то время как даже на современных лесовозах-пакетовозах, объём жидкого балласта в грузу с лесом составляет 30–36% дедвейта.

Таким образом, грузоподъемность по лесному грузу составит ок. 10 200 т, или 85% дедвейта, что значительно превосходит величину чистой лесной грузоподъемности современных лесовозов, обеспечивая при этом максимальную защищенность лесного груза от намокания и повышения сохранности лесного каравана на волнении в соответствии с передовыми мировыми технологиями.

Лесовоз-пакетовоз спроектирован на класс РС-КМ Arc4 AUT1 OMBO ESO Timber carrier, т.е. неограниченного района плавания с ледовыми подкреплениями для плавания в арктических морях как самостоятельно, так и под проводкой ледокола в условиях, оговоренных классом РС.

Остойчивость неповрежденного судна при перевозке грузов согласно назначению будет удовлетворять требованиям Правил РС, предъявляемых к сухогрузным судам, лесовозам, контейнеровозам, а при перевозке зерна и незерновых навалочных грузов – требованиям «Правил перевозки зерна» РС, «Международного зернового кодекса» и «Правилам безопасной морской перевозки незерновых навалочных грузов» соответственно.

Для обеспечения непотопляемости судно разделено семью поперечными переборками на восемь водонепроницаемых отсеков.

Непотопляемость обеспечивается во всех спецификационных случаях нагрузки с выполнением всех требований, предъявляемых Правилами РС к посад-

ке и остойчивости поврежденного судна, имеющего в символе класса знак категории ледовых усилений Arc4. Управляемость судна, устойчивость на курсе обеспечиваются с помощью винторулевого комплекса. Для маневрирования в узкостях и каналах, а также при швартовках судно оборудуется вспомогательным средством управления – носовым подруливающим устройством (НПУ) мощностью ок. 500 кВт.

В качестве главной энергетической установки на лесовозе-пакетовозе принята одновальная дизельная установка с гребным винтом регулируемого шага и валогенератором. Оптимальным для данного судна признана установка среднеоборотного дизеля с максимальной длительной мощностью (МДМ) ок. 7000 кВт, работающего через упругие муфты и редукторную передачу на винт регулируемого шага (ВРШ). Работа ГД предусматривается на тяжелом топливе вязкостью 380 сСт при 50° С.

Предусматривается непрерывная длительная работа ГД на морском дизельном топливе (MDO), в том числе с содержанием серы менее 0,1% в зонах контроля выбросов SOx.

Предусматривается поставка с ГД SCR реактора с системой очистки выходящих газов для выполнения требований Правила 13 Приложения VI МАРПОЛ 73/78 в части выбросов NOx.

Для снабжения судна электроэнергией устанавливаются:

- валогенератор мощностью ок. 700 кВт, навешенный на редуктор с соединительной гибкой муфтой, обеспечивающий в ходовом режиме общесудовые потребители и вентиляцию грузовых трюмов, а в маневровом режиме обеспечивает работу НПУ и общесудовых потребителей;
- два вспомогательных дизель-генератора (ВДГ) мощностью ок. 475 кВт каждый;
- аварийно-стояночный дизель-генератор (АСДГ) мощность ок. 170 кВт. Мощность вспомогательных дизель-генераторов выбрана также с целью обеспечения питания валогенератора 500 кВт, работающего в аварийном режиме (при выходе из строя ГД) в качестве гребного электродвигателя в ВРШ.

Котельная установка лесовоза-пакетовоза предусматривается в составе:

- двух вспомогательных термальных котлов мощностью по 1000 кВт каждый;
- термального утилизационного котла мощностью ок. 800 кВт.

Работа вспомогательных котлов предусматривается на едином сорте топлива с ГД. Обеспечивается непрерывная длительная работа котлов на топливе MDO с содержанием серы менее 0,1% в зонах контроля выбросов SOx.

Сравнительная таблица лесовозов дедвейтом около 1200 т

Название судна	«Florijngracht»	«Jasmine C»	«Maasgracht»	«Проект 00105»
Судовладелец	Splithoft, Нидерланды	Carisbooke Shipping, Великобрит.	Splithoft, Нидерланды	Россия
Годы постройки судов серии Кол-во построенных судов	2008–2010 6	2009–2011 10	2011–2012 6	2014 –
Класс судна по правилам классификационного общества	LRS+100A1 Finnish/Swedish Ice Class 1A	LRS	LRS+100A1 Finnish/Swedish Ice Class 1A	КМ★ Arc 4 AUT10MBO ECO timber carrier
Грузоподъемность по лесному грузу, т (% дедвейта)	7930 (59%)	–	7585 (58%)	10700 (85,0%)
Балласт (с грузом леса), т (% дедвейта)	4000 (30%)	–	4025 (31%)	890 (7,0%)
Грузовместимость $W, м^3$	15772	16230	15640	ок. 20700
Контейнеровместимость TEU (включая рефрижераторные): в т.ч. в трюмах на верхней палубе	658 296 362	640 274 366	702 310 392	788 472 346
Скорость в грузу при осадке по грузовой марку, уз	14,0	14,0	15,3	14,0
Длина, м: наибольшая: между перпендикулярами, $L, м$	129,6	138,06 130,00	137,16	137,50 130,60
Ширина (по КВЛ) $B, м$	18,90	21,33	18,90	23,20
Высота борта $H, м$	11,65	11,00	11,75	10,60
Осадка, м по грузовой марку $T_{гр}$ с грузом леса $T_{лес}$	8,50 8,80	8,06 –	8,48 8,77	8,00 7,60
Высота грузовых трюмов, м	11,75	10,95	11,84	12,7
Кол-во грузовых трюмов	2	2	2	3
Ширина грузовых люков, ВЛ, м	15,8	17,5	15,8	20,0
Грузовые устройства: тип количество × грузоподъемность, т × вылет, м	Краны 3×80/65×18/24	Краны 2×80×19	Краны 3×80/50×18/28	Краны 2×36×32
Мощность ГД, кВт (при об./мин.)	5430	5430	5430	6940
Подруливающее устройство: мощность, кВт	500	500	500	500

Системы судовые лесовоза являются типовыми для данного класса судов и выбраны в соответствии с требованиями Правил РС, МК СОЛАС–74 (с поправками), МК МАРПОЛ 73/78 и другими нормативными документами.

Люковые закрытия приняты понтоного типа с целью максимально возможно открытия грузовых трюмов и освобождения палубы для размещения палубного груза (караван леса, контейнеры ISO).

Съём и постановка крышек люкового закрытия обеспечивается судовыми грузовыми кранами грузоподъемностью 36 т. Крышки люкового закрытия приспособлены для штабелирования в пакеты при раскрытии трюмов при погрузке/выгрузке. Такое решение широко применяется на современных лесовозах.

В проекте рассмотрен вариант дооборудования грузовых трюмов (по опыту современных лесовозов) съёмными секциями твиндечной палубы, устанавливаемой на трех различных уровнях.

Грузовые операции по погрузке/выгрузке контейнеров, пакетов леса, автомашин и прочих грузов на судне обеспечиваются двумя грузовыми электрогидравлическими кранами грузоподъемностью каждого 36 т при вылете 32 м.

Краны расположены по левому борту и обслуживают всю погрузочную площадь судна, включая установку стеньгелей, съём и постановку крышек люковых закрытий, при спаренной работе обоих кранов возможна погрузка тяжеловесов массой до 70 т.

В грузовых трюмах на втором дне и на настилах крышек люковых закрытий предусматривается установка сварных гнезд и планок для размещения различных твистлоков крепления 20- и 40-футовых контейнеров ISO.

Перевозка пакетированных лесных грузов (пиломатериалов) производится как в трюмах, так и на люковых закрытиях грузовых трюмов.

Перевозка лесных пакетированных грузов на люковых закрытиях с учетом вместимости трюмов производится максимально в три пакета по высоте (три тира).

На судне предусматривается перевозка 20- и 40-футовых контейнеров ISO как в трюмах от четырех до пяти ярусов, так и на люковых закрытиях от двух до четырех ярусов.

На судне предусматривается размещение и крепление автомобилей (грузовых и легковых) с топливом в баках с креплением в трюме и на люковых закрытиях стандартными цепными и синтетическими стяжками с устройствами натяжения.

Перевозка металла, труб большого диаметра, крупногабаритных и тяжеловесных грузов и других генеральных грузов производится в трюмах судна и люковых закрытиях, по индивидуально

разработанным для каждого типа грузов погрузочным планам и креплением в соответствии с наставлением по креплению грузов, разрабатываемым судовладельцем для каждого случая загрузки судна.

Предусмотрен штат команды в 16 человек. Все члены экипажа размещаются в одноместных каютах, оборудованных индивидуальными санблоками. Капитан, старший механик, старший помощник капитана размещаются в блочных двухкомнатных каютах. Каюты оборудованы всем необходимым согласно Санитарным нормам, в том числе системой летнего и зимнего кондиционирования.

В составе служебных и общественных помещений предусмотрена столовая с зоной отдыха для экипажа, душевая с сауной, спорт-каюта и прочие необходимые помещения.

Характеристики лесовоза-пакетовоза и современных лесовозов зарубежной постройки приведены в сравнительной таблице.

Из приведенной таблицы видно, что лесовоз-пакетовоз пр. 00105 отличают определенные преимущества перед приведенными аналогичными судами зарубежной постройки последних лет:

- увеличенная грузоподъемность по лесному грузу (0,85 DW) за счет увеличенной ширины судна и снижения величины жидкого балласта;
- увеличенная грузовместимость трю-

мов по лесному грузу и контейнерам ISO за счёт увеличенной ширины и высоты трюмов, это значительно повышает защищённость лесного груза от намокания и исключения потери его в штормовых условиях, что нашло своё воплощение в создании технологии защищённости и сохранности лесных грузов;

- увеличенная контейнеровместимость. Кроме того, судно может перевозить широкий ассортимент грузов, что значительно повышает его фрахтоспособность, сокращает случаи балластных переходов.

Наличие валогенератора позволяет не только обеспечивать потребности судна в электроэнергии на ходу, но и аварийный ход в случае выхода из строя ГД, при этом валогенератор работает в режиме гребного электродвигателя с питанием от вспомогательных дизель-генераторов, обеспечивая судну 6-узловой ход.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Н.В. Барabanov; Ю.Г. Рыбалкин. Особенности проектирования конструкции морских лесовозов. –Л.: Судостроение, 1986.
2. Б.Н. Захаров. Суда для перевозки лесных грузов. –Л.: Судостроение, 1988.
3. О.М. Журавлёв. Конструктивные особенности судов-лесовозов, приспособленных для перевозки пакетированных материалов // Морской вестник. –2006. –№ 3.
4. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года / ФГУП «Росморпорт». –М., 2012. ■

Об американских боевых кораблях, обозначаемых аббревиатурой LCS, пишут так много, что может сложиться впечатление, будто это «становой хребет» ВМС США. Такое же впечатление могут произвести и описания отечественной прессы о наших корветах. Однако ни Littorial Combat Ships наших заокеанских «вероятных друзей», ни российские корветы отнюдь не являются основой корабельного состава американского и российского флотов. Появление и тех и других по обе стороны Атлантики, критикуемых своими соотечественниками за недостаточную эффективность и чрезмерную дороговизну, как это ни покажется кому-то странным, является следствием бюджетных сокращений и стремления сократить расходы на флот. Нам остается лишь наблюдать, что же получается из столь благих намерений.

Кардинальное изменение военно-политической обстановки в мире после распада Советского Союза привело к пересмотру стратегии строительства американских ВМС, что было вызвано появившейся возможностью сократить уже не являющиеся необходимыми расходы, направленные на поддержание безусловного превосходства над флотом главного противника. Тем не менее в середине 1990-х гг., когда стали очевидны необратимые процессы разрушения вооруженных сил бывшего СССР, американцы, не подвергая сомнению авианосную и подводную составляющие своего флота, сосредоточились на концепции развития крупных надводных кораблей. Основное внимание было сфокусировано на перспективном DD-21, а корабль, по водоизмещению меньший, чем фрегат*, даже не рассматривался как возможная альтернатива дорогому эсминцу.

В 1997 г. для планировавшихся надводных сил из 116 крейсеров и эсминцев** было принято решение оставить только 26 кораблей противоминной обороны, причём десять из них – в резерве «категории В», и вывести из боевого состава без замены новыми кораблями оставшиеся в строю фрегаты типа «Peggy» и сторожевые катера (patrol coastal ships – PC). Малые же корабли – естественно, по меркам американцев, т.е. полным водоизмещением менее 8900 т – вообще были исключены из рассмотрения в официальных программах документах.

Постепенно возобладало мнение, что в будущих военных конфликтах ВМС США не будут использовать в прибрежных водах противника боевые надводные корабли основных классов, тем самым подвергая их неоправданному риску***, по-

* Класс «корвет» в официальной классификации корабельного состава ВМС США отсутствует.

** 27 – типа CG-47, 57 – типа DDG-51 и 32 – типа DD-21.

*** В публикации «The Wall Street Journal» (11.07.2001) приводился пример войны в

LITTORIAL COMBAT SHIP: ИГРЫ В «ТРАНСФОРМЕРЫ» ЗАКАНЧИВАЮТСЯ?

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

этому необходимо создать специальные малые, сравнительно недорогого корабли специально для действий у вражеского побережья. Первые проработки концепции малого корабля, предназначенного для ведения разведки прибрежных вод с целью определения потенциальных угроз для больших кораблей, были выполнены в начале 90-х (Future Combat Ship, 1993), требования к такому кораблю уточнялись с использованием опыта локальных конфликтов. Достаточно четко сформировались две концепции.

Первая, оставшаяся менее известной, подразумевала многоцелевой (multi-warfare) корабль водоизмещением 2200–2600 т (что соответствует эскадренному миноносцу времен Второй мировой войны) с композитной надстройкой, вооруженный среднекалиберной АУ, ПКР, ЗРК самообороны, с ударными вертолетами (желательно, двумя) и дистанционно пилотируемыми аппаратами, а также УР ближнего радиуса действия для поражения наземных укрепленных целей****. В современном европейском понимании это, скорее, переразмеренный корвет.

Вторая концепция получила куда большую известность. В марте 1999 г. по инициативе преподавателя Военно-морского колледжа США (Wayne Hughes) и начальника колледжа вице-адмирала А. Себровски идея малого корабля (160 т, т.е. фактически, катер) для противолодочных операций и борьбы с минной опасностью (естественно, не одновременно!) у побережья противника была доложена заместителю начальника штаба ВМС вице-адмиралу Д. Пиллингу, который придумал название «Streetfighter» и озвучил концепцию на заседании Ассоциации кораблестроителей США*****.

В американском обществе в то время велось много разговоров о недопустимости продолжения потерь военнослужащих США в локальных конфликтах, о том, что уровень американской техники уже позволяет заменить человека в бою роботизированным боевым комплексом. Применительно к флоту эти настроения быстро породили idea fixa о необходимости

Югославии, когда командование ВМС было вынуждено вывести из опасного района авианосец после потери контакта с обнаруженной ранее «сербской» ДЭПЛ.

**** R.C. Powers. Birth of the Littorial Combat Ship // USNIP. 2012. №9. P. 42-27.

***** В ноябре была опубликована дискуссионная статья в журнале «U.S. Naval Institute Proceedings» (Arthur K. Cebrowski and Wayne P. Hughes, Jr. Rebalancing the Fleet. USNIP. November 1999). Реакция и ВМС, и кораблестроителей, естественно, была отрицательной.

пополнения корабельного состава флота некими малыми (читай – простыми, дешёвыми, массовыми) боевыми единицами, применение которых в локальных конфликтах позволит уменьшить риск потери крупных кораблей (а значит, избежать больших людских потерь), которые еще пригодятся для «большой войны». Таким образом, подразумевалось, что это будет «расходный материал», этакий боевой челн одноразового применения, который в случае получения повреждений в бою экипаж без сожаления бросает и возвращается, чтобы снова выйти на ожидающем в базе новом боевом челне. Именно такую идеологию закладывал бывший морской летчик Себровски в «Streetfighter».

В течение 2000 г. с помощью инженерного факультета Военно-морской академии (Naval Postgraduate School) был разработан концептуальный проект корабля (композитный «волнопронизывающий» катамаран, которому позже дали наименование «SeaLance» – морское копье) полным водоизмещением 450 т. Его включили в качестве участника в проводимую этим колледжем ежегодную военно-морскую игру. Результаты игры «Global 2000» были неоднозначны, вызвали споры, однако затребованное штабом ВМС заключение специалистов гласило, что реализовать замысел «Streetfighter» с предложенным составом вооружения не удастся.



Концепция «SeaLance», 2001 г.

Летом 2001 г., после появления многочисленных публикаций о новом шведском корвете «Visby», об этой концепции заговорили вновь. Атака террористов на американский эсминец DDG-67 «Cole» в Аденском заливе в октябре 2000 г. вновь подняла проблему уязвимости больших кораблей.

Командование ВМС по-прежнему «не замечало» малые корабли, но весной 2001 г. по указаниям руководства министерства обороны США, оценивавшего результаты боевых действий в бывшей Югославии, командованию видов вооруженных сил пришлось корректировать свои взгляды. Флоту было недвусмысленно сказано, что основная программа – DD-21 – не получит никакой поддержки до тех пор, пока в пла-

нах кораблестроения не появятся малые надводные корабли. Спустя четыре месяца, начальник штаба ВМС адмирал В. Кларк озвучил новую концепцию строительства надводного флота: «многоцелевой» эсминец «для действий против побережья» – DD(X), «многоцелевой крейсер ПРО» – CG(X) и малый специализированный (focus-mission) LCS. Уточнение «focus-mission» должно было означать, что одновременно корабль будет выполнять только одну задачу.

Итак, официально о старте программы LCS было объявлено в ноябре 2001 г. Началось бюджетное финансирование конкурсных разработок (51 млн. долл.). Однако это была скорее политическая уловка, тактический ход, чтобы спасти программы строительства крупных кораблей. Адмирал Кларк своим волевым решением «внедрил» оставшийся инородным телом LCS в сжимавшуюся, как шагреновая кожа, кораблестроительную программу. Вместо ранее планировавшихся тридцати двух DD-21 в ней оставили 24 DD(X), но растущая расчетная стоимость неминуемо вела к дальнейшему сокращению. Добиваясь поддержания уровня численности корабельного состава* и рассчитывая на то, что LCS смогут выполнять функции сокращенных ранее тральщиков и сторожевых катеров, начальник штаба ВМС пренебрег строгой процедурой обоснования целесообразности строительства новых кораблей. Это сразу вызвало в министерстве ВМС недоумение, перерастающее в недовольство.



Адмирал В. Кларк

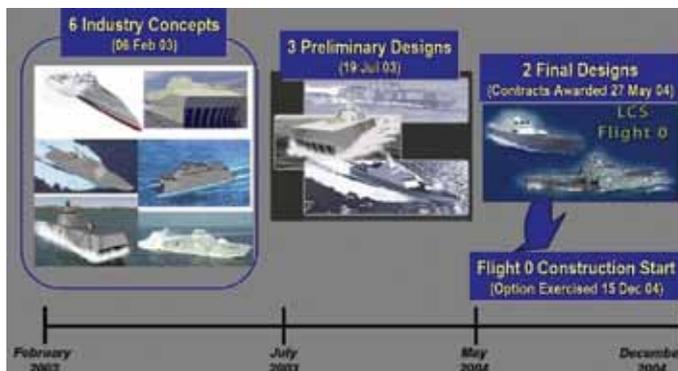
В январе 2002 г. министр обороны США Д. Рамсфельд начал проводить в жизнь концепцию «трансформации» вооруженных сил, создав в своем аппарате специальный отдел, возглавить который пригласил вышедшего в отставку адмирала Себровски. Результатом деятельности А. Себровски в этой должности следует считать появление в составе ВМС США двух новых кораблей – HSV-X1 «Joint Venture» и FSF-1 «Sea Fighter». Последний оказал заметное влияние на развитие концепции LCS.

* В сентябре 2001 г. оставалось 316 кораблей, а с 2005 г. планировалось исключить из боевого состава флота 24 эсминца типа «Spruance» и 30 фрегатов типа «Perry».



Артур К. Себровски, начальник Отдела трансформации сил МО США

Представляя Конгрессу оперативную концепцию «Морской щит» (Sea Shield), являющуюся составной частью стратегии ВМС США «Sea Power-21», начальник морских операций адмирал Кларк уже делал акцент на важной роли новых малых кораблей – участие в обеспечении благоприятной оперативной обстановки для ударных соединений флота и сил вторжения, т.е. их противоздушная,



Этапы разработки проекта LCS

противолодочная и противоминная оборона в морской зоне, непосредственно примыкающей к территории противника. Подав программу LCS как ключевой элемент «трансформации» сил флота, адмирал Кларк определил ей и бюджетный приоритет. Рамсфельд утвердил, отправив в феврале 2002 г. проект бюджета министерства обороны в Конгресс. Но при этом он подчеркнул, что флот не сделал должного обоснования концепции LCS.

В разработанных ВМС к 2003 г. предварительных оперативно-тактических требованиях** оговаривалось следующее:

- срок службы – 30 лет;
- осадка при полном водоизмещении – 10 футов;
- скорость длительного полного хода – 50 уз при волнении моря 3 балла;
- дальность плавания полным ходом с боевой нагрузкой – 1500 миль, экономическим ходом (20 уз) – 4300 миль;
- численность основного экипажа – 15 чел., количество мест – 75, автономность по запасам провизии – 21 сут;
- «модульная» концепция вооружения и оборудования (масса сменного комплекта вооружения – Mission module – 210 т,

** Preliminary Design IRD for the Flight 0 Littoral Combat Ship – Документ №763F-S03-26, утвержден 13.02.2003.

включая топливо) с возможностью замены в течение суток;

- возможность базирования и использования противолодочного вертолета корабельного базирования MH-60R/S и ДПЛА вертолетного типа при волнении моря до 5 баллов включительно;
- возможность использования жестко-надувного катера – до 4 баллов включительно.

При этом требовалось максимально возможное снижение уровня собственных физических полей корабля. Для уменьшения веса корпуса допускалось широкое использование легких сплавов и/или композитных конструкционных материалов.

После проведения тендера были заключены шесть контрактов стоимостью по 500 тыс. долл., на этап предэскизного проектирования отводилось всего три месяца.

В феврале 2003 г. командованию ВМС США представлены шесть концептуальных проектов различных архитектурно-конструктивных схем.

Концерн «Northrop Grumman», обладающий наибольшим в США практическим опытом в области использования в судостроении композитных конструкционных материалов, был исключен из числа участников второго этапа конкурса, несмотря на то, что ранее руководство концерна инвестировало 50 млн. долл. в модернизацию и развитие производства композитных материалов на своем предприятии в Галфпорте (штат Миссури).

После всесторонних оценок в июле 2003 г. заказчик выбрал три «команды», с которыми заключили контракты на эскизное проектирование.

В разработке широко использовался европейский опыт: опытовый тримаран «Triton» («Vosper Thornycroft», Великобритания), боевой скеговой КВП «Skjold» («Umoe Mandal», Норвегия), корвет «Visby» («Kockums», Швеция), для чего разработчики заключили необходимые соглашения с владельцами оригинальных технологий. Параллельно ВМС США на своих полигонах проводили натурные испытания первых двух упомянутых кораблей.

В 2004 г. «команды» представили свои эскизные проекты на рассмотрение заказчика.

«Lockheed Martin», «Gibbs & Cox», «Bollinger Shipyards» и «Marinette Marine» – полуглиссирующий корабль с обводами «глубокое V» и водометами в качестве главных движителей. Основные решения проекта впервые обнародовали в апреле 2004 г. во время Аэрокосмической и военно-морской выставки в Вашингтоне;

«General Dynamics» (Bath Iron Works Division), «Austal USA», «Boeing», «BAe Marine Systems», «Maritime Applied Physics Corp.» – тримаран с ауригерами и обводами «волнопрорезающего» типа (wave piercing) и с водометами. Учитывался богатый опыт «Austal», использовались отработанные на коммерческих высокоскоростных судах технические решения.

«Raytheon», «John J. Mullen Associates», «Atlantic Marine», «Goodrich EPP», «Umoie Mandal» – КВП скегово-го типа с корпусом из композитных материалов на базе норвежского «Skjold».

Последний, несмотря на ряд оригинальных решений, окончательно отклонили 27 мая 2004 г., когда министерство ВМС заключило отдельные контракты на разработку концептуального проекта с опционом на технический проект и строительство двух кораблей с концами «Lockheed Martin»* и «General Dynamics» (Bath Iron Works). Первый конкурсант получил контракт на 423 млн. долл., включая 46,5 млн. долл. на завершение проектирования; второй – на 536 млн. долл., включая 78,8 млн. долл. на окончание проточных работ.

Согласно выполненным проектным проработкам, предел полного водоизмещения будущего корабля был определен в 3000 т.

В течение 2004 г. было официально объявлено, что ВМС будет запрашивать бюджетные ассигнования на строительство новых кораблей двумя подсериями – Flight Zero и Flight I. Четыре корабля «нулевой» подсерии планировалось передать флоту в 2008 и 2009 гг., в первой подсерии предполагалось строительство девяти кораблей. Окончательный выбор проекта для строительства кораблей первой подсерии планировалось обнародовать в 2007 г.

15 декабря 2004 г. ВМС отдала предпочтение отделению «Lockheed Martin Corp.», «Maritime Systems & Sensors»** (Moorestown, New Jersey), которое и получило контракт на разработку технического проекта и постройку головного корабля. Чтобы компенсировать отсутствие опыта в проектировании, в состав

своей «команды» включили компанию «Gibbs & CoxM», обладающую огромным опытом проектирования боевых кораблей, а также судостроительные компании «Marinette Marine Corp.»*** и «Bollinger Shipyards» (Lockport).

В результате анализа конкурсных разработок выбор был сделан в пользу полуглиссирующего корабля, проект которого базировался на шведском YS200 («Visby»). Основопологающим фактором для такого решения следует считать наименьшую степень технического риска (успешно реализованный проект многоцелевого корвета полным водоизмещением около 600 т, длиной 73 м) и наиболее высокая оценка по критерию «стоимость/эффективность». Отработанные технологии формирования корпуса с использованием изготовленных из композитных материалов панелей и патент на сам материал приобретены в Швеции. Спецификой корпуса, возможно, определялся и несколько неожиданный выбор завода-строителя: «Marinette Marine» – единственная из американских верфей, имевшая опыт строительства для ВМС США боевых кораблей с композитными корпусами (морские тральщики типа «Avenger»).

Несмотря на то, что в тот период ВМС США финансировали экспериментальную программу по изготовлению и комплексным испытаниям «гибридного» корпуса надводного корабля типа «корвет» (металлический набор, настилы палуб и наружная обшивка – из композитных материалов), окончательный выбор был все же сделан в пользу металлического корпуса.

Дело в том, что в погоне за экономией средств на создание новых кораблей ВМС провозгласили намерение добиться этого путем широкого использования стандартов коммерческого судостроения, применявшихся в проектировании и строительстве высокоскоростных автомобильно-пассажирских паромов. Поскольку в этом сегменте рынка судостроения в качестве основного конструкционного материала используются алюминивно-магниевые сплавы, соответствующие конструкции из которых проверены и одобрены классификационными обществами, композиты оказались в невыгодном положении. К тому же их стоимость весьма значительно проигрывала, тогда как предложения AMГ на рынке имели более благоприятную конъюнктуру, в том числе и от российских предприятий, находившихся под контролем «Алcoa»****.

***Ранее «Marinette Marine» входила в состав «Newport News Shipbuilding Co.», которая, в свою очередь, является одним из семи отделений «Northrop Grumman». В 2009 г. приобретена «Fincantieri Marine Group».

****В состав американского концерна «Алcoa» входят ЗАО «Алкоа СМЗ» (Самара) и ЗАО «Алкоа Металлург Рус» (Белая Калитва).

Первоначально корпус LCS-1, как и надстройка, проектировался из легкого сплава HSLA-115 (вариант пр. II RC), но по требованию заказчика окончательно для силового набора корпуса, верхней палубы и наружной обшивки корпуса была принята сталь. Учитывая, что вариант корпуса корабля «General Dynamics» был принят «цельноалюминиевым», вряд ли определяющим заказчик посчитал соображения боевой живучести – тем более что соответствующие нормы ВМС к этим кораблям применили «по нижнему пределу». Возможно, превалировали технологические соображения завода-строителя.



Боковой вид LCS-1 «Freedom»

В проекте «Lockheed Martin» (LCS-1) было решено использовать опыт создания и эксплуатации скоростных автопассажирских паромов постройки «Fincantieri» пр. «MDV3000» и уникального катера «Destriero», установленного в 1992 г. рекорд средней скорости (53,8 уз) на трансатлантическом переходе протяженностью 3106 миль.

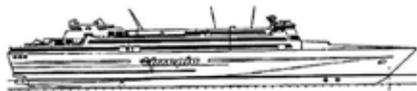
«Destriero» проектировался и строился на средства миллиардера принца Карима Ага-Хана (в то время он был президентом «Costa Smeralda Yacht Club») специально для побития мирового рекорда средней скорости пересечения Атлантики, причем без приема топлива на переходе. Проект разработан американской яхтенной фирмой «Donald L. Blaunt & Associates Inc.» с участием итальянской дизайнерской фирмы «Pininfarina». Судно длиной более 67 м, спущенное на воду на верфи «Fincantieri» в Muggiano 28 марта 1991 г., являлось на тот момент самым большим в мире, полностью изготовленным из алюминиевого сплава.

Исходя из применения коммерческих стандартов, «Lockheed Martin», очевидно, выполнив расчеты для корпуса корабля из АМг, заявила, что выполнит требования заказчика «по верхнему пределу»: длительный ход 45 уз при полном водоизмещении и 50 уз – в легком грузу, прием и выпуск вертолета при 5-балльном волнении и операции с бортовыми катерами при 4 баллах.

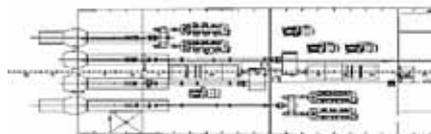
Однако в 2004 г., когда заканчивались контрактные переговоры, «правила игры изменились»: флот заявил, что стандарты коммерческих паромов неприменимы. Критичность ситуации характеризовало заявление тогдашнего начальника штаба ВМС адмирал Роухэда (Gary Roughead): «Мы думали, что коммерческий вариант не будет столь далек от того, что нам нужно».

*«Lockheed Martin Corporation» создана в марте 1995 г. слиянием «Lockheed Corporation» и «Martin Marietta Corporation».

**Отделение, занимавшееся разработкой электронных систем в интересах ВМС и Береговой охраны США. Количество работающих более 11 тыс. человек.



Fincantieri (Italy) Jupiter MDV 3000 "Jupiter" Monohull Semi-Planing Monohull – Speed-Length Ratio 1.95
 Length = 146 m Engines - 2 x LM2500 Gas Turbines
 Beam = 22.0 m 4 x MTU 6500 KW Diesels
 Depth = 13.6 m
 Cargo Capacity = 1056 MT (passengers, autos, trailers)
 Fuel Capacity = 120 MT
 Estimated TEU = 43 containers (40°)
 Estimated Range = 387 nautical miles (NM)



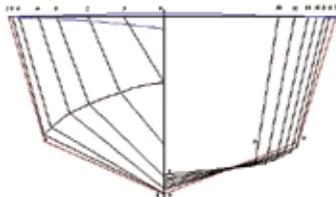
Общее расположение ГЭУ «MDV3000»



Испытания модели «MDV3000» на слеминг

Характеристики

Длина наибольшая, м.....67,7
 Длина между перпендикулярами, м.....60,00
 Ширина по КВЛ/наиб., м12,00/12,91
 Высота борта, м.....7,00
 Водоизмещение, т ~1000
 Двигатели..... 3 x GE Aviation LM1600 (38 535 кВт)
 Движители..... KaMeWa S125



Характер обводов «Destriero»

Достоверную информацию о степени вовлечения в процесс проектирования и пределах ответственности классификационного общества (American Bureau of Shipping), а также о динамике процесса ужесточения требований ВМС автору пока собрать не удалось. Однако из многочисленных американских публикаций можно сделать вывод, что очень большую долю ответственности за не спрогнозированный своевременно рост строительной стоимости кораблей несет именно флот.

То же, очевидно, относится и к наиболее сомнительной с позиций здравого смысла «модульности» боевой нагрузки LCS.

В «команду» «General Dynamics» входят следующие участники: «Bath Iron Works» (генеральный подрядчик), «Austal USA» – американское отделение австралийской «Austal Ships», четыре подразделения «General Dynamics» – Advanced Information Systems, Arma-ment & Technical Products, Electric Boat

и General Dynamics Canada; CAE, BAE Systems, Maritime Applied Physics Corporation, Northrop Grumman Electronic Systems.

Второй генподрядчик программы LCS, ориентируясь на уже реализуемые проекты по скоростным транспортным судам нетрадиционной архитектуры, сделал ставку на «Austal Ships», которая начала строить для испанской компании (причем финансирование и риски поделили поровну между заказчиком и исполнителем) уникальный высокоскоростной паром-тримаран «Benchijigua Express».

Австралийская компания выполнила объемные НИОКР, включая программу модельных испытаний, направленные на разработку архитектурной схемы, обладающей наилучшими комплексными характеристиками мореходности. «Benchijigua Express» передали заказчику в сентябре 2004 г., и в процессе коммерческой эксплуатации на линиях Канарских островов были проведены наблюдения и эксперименты, представленные затем специалистам ВМС США вместе с проектом LCS-2.

Характеристики

Длина наибольшая, м.....126,7
 Длина по КВЛ, м114,8
 Ширина, м30,40
 Высота борта, м.....8,20
 Осадка (max), м.....4,20
 Дедвейт (max), т1000



Автомобильно-пассажирский паром «Benchijigua Express»

Скорость хода.....40,5 уз (DW 500 т)–32,8 мВт
 Главные двигатели..... 4 x 8200 кВт (1095 об/мин) MTU 20V 8000
 Редукторы..... 2 x Renk ASL65; 1 x Renk ASL 2X80
 Водометы 2 x KaMeWa 125 SII; 1 x KaMeWa 180 BII
 ВДРК..... 2 x Ulstein Aquamaster UL601
 Электроэнергетическая система 4 x 540 кВт MTU 12V 2000 M40
 Класс: GL ✘ 100A5, HSC-B OC3 High Speed Passenger/Ro-Ro Type ✘ MC, AUT ■



Испытания модели LCS-2



Боковой вид LCS-2 «Independence»

Таблица

Сравнительная таблица основных элементов вариантов LCS Flight 0

Характеристика	LCS-1 «Freedom»	LCS-2 «Independence»
Архитектура корпуса	монохалл	тримаран
Конструкционный материал: – корпус – надстройка	легированная сталь легкий сплав	AA5083-H116 AA5083-H116
Длина наибольшая/по КВЛ	115,56/100,17	127,4/121,2
Ширина наибольшая/по КВЛ	17,50/13,71*	31,60/30,40
Высота борта	10,0	8,69
Осадка расчетная/максимальная	3,34/4,10	4,27/4,50
Коэффициент общей полноты	0,547	0,629
Смоленная поверхность, м ²	1363,25	–
Водоизмещение, т: – стандартное/полное	2315/3140	2307 – порожнем 2886/3201
Класс остойчивости по нормам ВМС	2	1
Возможность использования ЛАК/плавсредств, баллы	5/3	(8) 5/-
Главные двигатели: – полного хода – экономического хода	2 x 36,0 мВт Rolls-Royce MT30 2 x 6,48 мВт Fairbanks Morse Pielstick 16PA6B	2 x 22,0 мВт General Electric LM2500 2 x 9,1 мВт MTU 20V8000M90
Суммарная мощность ГД	85,0 мВт	62,0 мВт
Запас топлива, т	–	230
Гл. движители	4 x Rolls-Royce KaMeWa 153 SII	2 x Wärtsilä-Lips LJD160E 2 x Wärtsilä-Lips LJD150E
Максимальная скорость, уз: – в легком грузу на тихой воде – длительная на волнении 3 балла	46 40	46 44
Суммарный расход топлива, т/ч	20,0	14,6
Дальность плавания, миль (ход, уз)	3500 (18), 1000 (40)	4300 (18)
Расход топлива на полном ходу, т/ч	17,28	10,78
Расход топлива на эком. ходу, т/ч	2,71	3,80
Электроэнергетическая система	4 x 750 кВт Isotta Fraschini TF1708T2 (Model V1708)	4 x 800 кВт MTU 8V396
Команда, человек: постоянных коек основной экипаж (в т.ч. офицеров)	75 50	76 40 (8)
Автономность по провизии, суток	14	
Площадь полетной палубы, м ²	484	679
Площадь вертолетного ангара, м ²	435	326
Площадь под сменные компл. воор., м ²	596	1414
Кол-во размещ. одновр. компл. воор.	2	3
Время смены комплектов, суток	4	

* Значения требуют уточнения

Проектирование современных корабельных электротехнических комплексов и систем основано на рациональном использовании двух принципов их организации: принципа бесперебойного и гарантированного электроснабжения и электропитания [1]. Бесперебойность – относительно новый термин, который сегодня в моде, поэтому и употребляется повсеместно и, зачастую, не совсем обоснованно. Действительно, в конечном итоге, каждому проектировщику необходимо обеспечить свои потребители непрерывно поступающей электроэнергией требуемого качества, что наиболее соответствует целям, декларируемым принципом бесперебойности, однако для достижения этих целей в ряде случаев использование принципа гарантированного электроснабжения (электропитания) может быть более рациональным*.

Многими специалистами в энергетике термины «электроснабжение» и «электропитание» воспринимаются, как синонимы, но в кораблестроении это далеко не так: электроснабжение всегда связано с выработкой, преобразованием и распределением электроэнергии, а электропитание – с ее распределением, преобразованием и потреблением.

Выражаясь современным языком, можно отметить, что системы электропитания по своей сути предназначены для создания дружественного интерфейса между системой выработки электроэнергии и её потребителями [2]. Гарантированное электроснабжение хорошо сочетается с системами бесперебойного электропитания (СБЭП), поскольку СБЭП как потребители заведомо обладают высокой инерционностью. Гарантированное электропитание всегда уместно в тех случаях, когда оно организуется индивидуально для единичных потребителей или для группы однородных потребителей. В [3] отмечается важность наличия достаточных ресурсов и компонентной основы для выбора принципа реализации систем электроснабжения и электропитания. Крупными системообразующими компонентами, без которых не могут быть реализованы эти системы, являются распределители (РЩ) или приборы распределения питания (ПП), агрегаты [4] бесперебойного электропитания

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

*Ю. А. Губанов, д-р техн. наук, проф.,
нач. самостоятельного отдела ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
Р. С. Шемякин, гл. конструктор ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320 2393*

(АБП), автоматические переключатели корабельных сетей (АПС) или питания (АПП).

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Указанные компоненты относятся к электрооборудованию корабля (судна). Известно, что термин «электрооборудование» в судостроении и ВМФ имеет самую широкую трактовку. Под ним понимают компоненты и подсистемы электроэнергетической системы (ЭЭС), а также все ее потребители, включая и корабельные системы управления.

В настоящее время сложилась следующая организация обеспечения электроэнергией корабельных потребителей:

- формируется достаточно разветвленная и распределенная по корабельным помещениям система электроснабжения, являющаяся принадлежностью корабля в целом;

- каждый корабельный потребитель, в свою очередь, с учетом собственных нужд формирует для себя систему электропитания (разветвленную или локальную в зависимости от степени распределенности аппаратных средств самого потребителя), являющуюся принадлежностью этого потребителя.

Корабельные системы электроснабжения и электропитания традиционно содержат большое количество распределительных и коммутационно-защитных устройств, а также сетевых автоматических переключателей. На современном этапе эти системы

активно насыщаются средствами силовой электроники.

Понятно, что комплектование этих систем связано с необходимостью использования широкой номенклатуры специализированного электротехнического оборудования. Однако существующее до настоящего времени положение с поставками такого оборудования нельзя считать удовлетворительным. Многие позиции из необходимой номенклатуры сняты с производства как морально устаревшие, по ряду позиций утрачены предприятия-поставщики. Существует потребность в новых типах электрооборудования, для разработки которых своевременно не были организованы и проведены ОКР.

Аналогичная ситуация возникла в связи с необходимостью использования корабельных сетевых автоматических переключателей в системах, поставляемых ОАО «Концерн «НПО «Аврора».

Фактическое отсутствие поставщиков и морально устаревшая техническая документация на все типы ранее поставлявшихся корабельных переключателей не могли не привести к необходимости проведения инициативной разработки в кооперации с контрагентскими организациями. Были рассмотрены исполнения АПП и АПС, ранее поставлявшиеся предприятиями «Электросила» (рис. 1), «Динамо» и другими, намечены основные направления по совершенствованию АПП и АПС, в том числе в части схмотехники, алгоритма функционирования, элементной базы, конструктива, дизайна.

* Отметим, что бесперебойность всегда связана с полным отсутствием перерыва в электроснабжении (электропитании), термин же «гарантированное питание» указывает на то, что перерыв есть, но система гарантирует оперативное восстановление электроснабжения (электропитания) в течение времени, заведомо меньшего, чем время нечувствительности потребителя к этому перерыву (время, определяемое естественной или специально организованной инерционностью потребителя). При наличии потребителей с одинаковыми характеристиками по инерционности правильная реализация принципа гарантированного электроснабжения (электропитания) позволяет создать системы столь же эффективные, что и построенные на принципе бесперебойности, но менее затратные.



Рис. 1. АПП поставки предприятия «Электросила»

ВЫБОР КОНСТРУКТИВА

Вопросы выбора конструктива для реализации электротехнических изделий всегда решается разработчиком при их проектировании. Желая подчеркнуть положительные качества выбранного конструктива, его современность, разработчики обычно обращают внимание на модульное деление, возможности по функциональному наращиванию прибора за счет изменения (добавления) модульного состава.

Всем этим качествам было уделено самое пристальное внимание при выборе конструктива с кондуктивным принципом тепловода для создания нового поколения электротехнических изделий бортового исполнения. В частности, одной из причин совершенствования конструктивной системы является борьба за обеспечения оптимальных тепловых режимов функционирования электронных компонентов АПП и АПС.

Первоначально было решено применять сложные конструктивы с эффективной системой кондуктивного тепловода.

Для сетевых автоматических переключателей использовались герметичные конструкции, предназначенные для отдельной установки на корабле (рис. 2), для встраиваемых исполнений АПС создавались в безкорпусном исполнении в виде «шасси», устанавливаемых в специальные электронные модули (блоки), поставляемые на корабли в составе агрегатов бесперебойного питания (рис. 3).

На рис. 2 представлен корабельный автоматический переключатель сетей (~ 3×220 В, 400 Гц) во время испытаний на электротехническом стенде НПО «Аврора».



Рис. 2. Корабельный автоматический переключатель сетей ~3×220 В, 400 Гц во время испытаний на электротехническом стенде НПО «Аврора»

На рис. 3 представлен пример бескорпусного исполнения АПС в виде несущего шасси, приспособленного для установки в конструктив заказчика.

Дальнейшие исследования и ОКР, проведенные совместно НПО «Аврора» и ОАО «СУП», позволили без ухудшения дизайна существенно упростить и удешевить конструкцию за счет разработки и внедрения более совершенных алгоритмов и схемотехники, снизившей тепловыделение внутри корпуса АПС и АПП (рис. 4). Пилотная разработка представлена «АПС110 М», предназначенным для сетей ~3×220 В, 400 Гц, и «АПП200 М», предназначенным для прямого пуска, остановки, переключения питания обмоток электродвигателя с основной сети ~ 3×380 В, 50 Гц на резервную и обратно, нулевой защиты и защиты от токовых перегрузок, а также автоматического управления его работой от СУ и для сигнализации о работе электронасоса.

а)



б)



в)



Рис. 3. Безкорпусной АПС в составе АБП во время испытаний на электротехническом стенде НПО «Аврора»: а – установка АПС в отдельный вывешенный на лонжерон блок коммутации (К) АБП, б – соединение блока К на общем лонжероне с преобразующими блоками АБП, в – АБП в сборе (АПС встроен в верхнюю часть прибора)



Рис. 4. Внешний вид «АПП 200 М»

НОВОЕ В СХЕМОТЕХНИКЕ И КОНСТРУИРОВАНИИ

Изделия «АПС110 М» и «АПП200 М», будучи пилотными разработками нового поколения корабельных автоматических переключателей, стали полигоном для внедрения последних разработок ОАО «СУП» и электротехнического отдела НПО «Аврора», придавших изделиям этого поколения улучшенные потребительские свойства.

В изделиях предыдущих поколений при применении релейно-трансформаторных схем предприятия-

тим, что при измерении периодических несинусоидальных напряжений только измерение мгновенных значений позволяет получить достоверную информацию о значении напряжения.

Щитовые электроизмерительные приборы, имеющиеся на корабле, основаны на электромеханическом принципе действия (только последнее время на кораблях стали появляться цифровые приборы). Электромеханические приборы непосредственной оценки измеряемой величины представляют класс приборов аналогового типа, обладающих рядом положительных свойств: просты по устройству и в эксплуатации, обладают высокой надежностью и на переменном токе реагируют на среднее квадратическое значение напряжения. Под действующими значениями несинусоидальных напряжений понимается их среднее квадратическое значение за период.

Среднее квадратическое значение напряжения определяется как корень квадратный из среднего квадрата мгновенного значения напряжения за время измерения (или за период):

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Если периодический сигнал несинусоидален, то квадрат среднего квадратического значения равен сумме квадратов постоянной составляющей и средних квадратических значений гармоник:

$$U^2 = U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots$$

При искаженной синусоиде измерение щитовым вольтметром всегда будет связано с наличием высокой погрешности.

Принцип работы цифровых измерительных приборов основан на дискретном и цифровом представлении непрерывных измеряемых величин. Схема цифровых измерительных приборов в общем случае состоит из входного устройства, АЦП, цифрового отсчетного устройства и управляющего устройства. Основой для вычисления значения напряжения является АЦП. АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровой, представляемый цифровым кодом. Процесс аналого-цифрового преобразования составляет сущность любого цифрового прибора, в том числе и вольтметра. Использование в АЦП цифро-

вых вольтметров двоично-десятичного кода облегчает обратное преобразование цифрового кода в десятичное число, отражаемое цифровым отсчетным устройством. Результаты измерения несинусоидального сигнала посредством современных цифровых измерительных приборов могут быть наиболее точными, однако в большинстве случаев необходимо точно знать значение реального искажения сигнала в текущий момент и учитывать его при измерениях, что, например, при проведении испытаний АПС и АПП создаёт значительные неудобства.

При испытаниях наиболее приемлемым является использование цифровых осциллографов высокой точности для контроля срабатывания АПС и АПП при их настройке и проведении испытаний, что позволит получить полное совпадение с вычислениями значений напряжения, вычисляемого аппаратурой АПС или АПП на основании измеренных мгновенных значений. Применение подобных методов позволит определить не только верхний и нижний порог включения и отключения прибора, но и вести мониторинг состояния качественных характеристик энергетической сети, таких как: частота, пульсация тока и напряжения, ИКП и динамических отклонений.

НОМЕНКЛАТУРА ПРОДУКЦИИ, ПРЕДЛАГАЕМОЙ ЗАКАЗЧИКУ

В номенклатуре изделий ОАО «СУП» готово предложить заказчикам широкую номенклатуру переключателей АПС, а также номенклатуру переключателей – пускателей АПП в соответствии с табл. 1 Одновременно ОАО «СУП» ведет разработку новых исполнений АПП и АПС в среде переменного тока различной частоты и постоянного тока.

Таблица

Приборы «АПП200 М», функционирующие в среде ~ 3×380 В, 50 Гц

Типоисполнение	Номинальный ток ($I_{ном}$), А
«АПП200 М-1,75-...»	1,75
«АПП200 М-2,5-...»	2,5
«АПП200 М-3,5-...»	3,5
«АПП200 М-5,0-...»	5,0
«АПП200 М-7,0-...»	7,0
«АПП200 М-9,0-...»	9,0
«АПП200 М-11,5-...»	11,5

Продолжение табл.

Типоисполнение	Номинальный ток ($I_{ном}$), А
«АПП200 М-14,5-...»	14,5
«АПП200 М-18-...»	18
«АПП200 М-22-...»	22
«АПП200 М-28-...»	28
«АПП200 М-35-...»	35
«АПП200 М-45-...»	45
«АПП200 М-56-...»	56
«АПП200 М-71-...»	71
«АПП200 М-90-...»	90
«АПП200 М-110-...»	110
«АПП200 М-140-...»	140
«АПП200 М-155-...»	155

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спад в судостроении, имевший место в 90-х гг. XX в., привёл к утрате поставщиков по достаточно широкой номенклатуре электрооборудования морского применения, в том числе это прямо касается и рассмотренных в статье автоматических переключателей в сетевой среде ~3×380 В, 50 Гц, ~3×220 В, 400 Гц и 175 ... 320. В постоянного тока. Работы, проводимые ОАО «СУП» и ОАО «Концерн «НПО «Аврора», позволяют компенсировать эти утраты замещением морально устаревших разработок, изделиями морской техники, создаваемыми на современном уровне, с учетом последних достижений в области силовой электроники и вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Ю.А. Централизованное электропитание корабельных систем управления // Электрическое питание // Науч.-техн. журнал. – 2002. – № 3. – С. 43–46
2. *Он же*. Развитие корабельных систем бесперебойного электропитания. – Докл. науч.-практ. конф. «Проблемы автоматизации надводных кораблей» / ОАО «Концерн «НПО «Аврора», 2009, с. 84–92.
3. Gubanov Yu. A. Power electronics in ship electric power systems: new generation of units of a uninterrupted power supply. – Third International Conference «Navy and Shipbuilding Nowadays». 21st Century challenges for naval shipbuilding industries and navies. NSN 2003/Proceeding/Krylov Shipbuilding Research Institute. St. Peterburg. 2003, p. 126–132.
4. Губанов Ю.А., Лозицкий О.Е., Москаленко Г.М. Агрегаты бесперебойного питания различного назначения // Морской вестник. – 2010. – № 3 (35). – С. 63–68. ■

Анализ программы строительства кораблей и судов для ВМФ России и фактическое состояние дел показали, что еще долгое время в эксплуатации будут вынуждены находиться корабли и суда, построенные на рубеже 1980–1990 гг. В настоящее время остро встала необходимость разработки мероприятий, направленных на продление назначенного срока службы комплектующих изделий и материалов для кораблей, в том числе кабельных изделий, выработавших свой ресурс.

Военно-морским флотом было введено в действие «Положение о порядке продления межремонтных и полных сроков службы боевых надводных кораблей, боевых катеров, кораблей специального назначения, морских судов обеспечения, катеров и рейдовых судов обеспечения» ДВИЕ.360090.001.

Положение регламентирует порядок проведения организационно-технических мероприятий, выполнение которых позволяет сделать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации кораблей и судов, их составных частей и комплектующих изделий.

В число этих мероприятий вошли определение фактического технического состояния оборудования, кабельных изделий и диагностирование возможности их дальнейшей эксплуатации.

Основные этапы работ по определению фактического технического состояния кабелей и последовательность их выполнения (рис. 1.) следующие:

- идентификация кабелей по выполняемым функциям и типу;
- определение условий эксплуатации кабелей;
- выбор представительных кабелей для контроля состояния;
- контроль состояния кабелей;
- оценка степени старения;
- оценка остаточного срока службы;
- разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации.

На судоремонтных заводах ВМФ контроль технического состояния кабельных изделий до недавнего времени проводился в соответствии с «Инструкцией по дефектации кабельных изделий» с резиновой изоляцией 606–78.2210 и «Технологической инструкцией по диагностированию технического состояния кабелей с пластмассовой изоляцией и оболочкой при ремонте заказов» КЛГИ.360096.001 разработки ЦНИИ СЭТ (г. Санкт-Петербург).

Эти положения разработаны в 1989 г., и уже не могут удовлетворять ремонтные и эксплуатирующие организации по следующим причинам:

- необходимость отбора образцов кабелей для лабораторных исследований;
- по результатам исследований технического состояния кабельных изде-

ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ИХ СЛУЖБЫ НА КОРАБЛЯХ И СУДАХ ВМФ

*А. И. Миронов, нач. сектора,
О. А. Бельский, нач. отдела, ОАО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 315 4945*

лий можно судить только о текущем их состоянии без прогнозирования возможности дальнейшего использования на некоторый период в связи с отсутствием в инструкции методики по определению остаточного срока службы.

«51 ЦКТИС» познакомился с результатами научно-исследовательской работы по управлению старением кабелей, проведенной ФГУП «Научно-исследовательский институт приборов» (г. Лыткарино), входящему в концерн «Росэнергоатом».

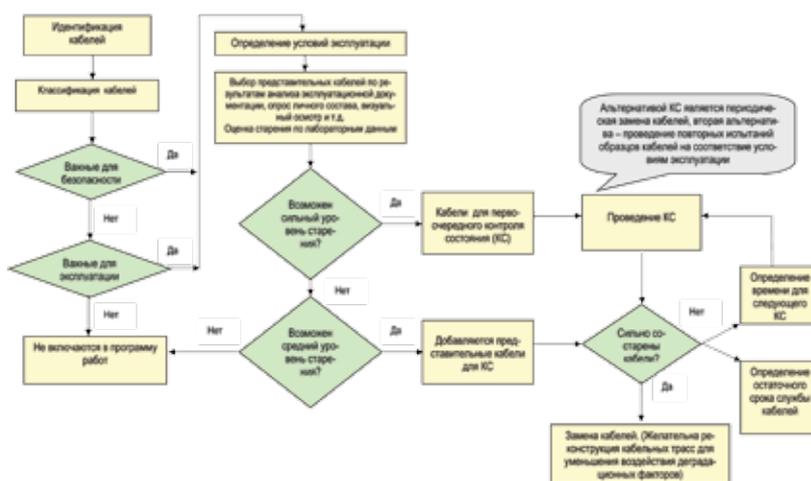


Рис. 1. Основные этапы работ по определению технического состояния кабелей

Длина образцов кабелей для лабораторных исследований в зависимости от диаметра кабеля находится в пределах от 180 до 400 мм. Отбор образцов кабельных изделий на корабле – достаточно сложная и трудоёмкая операция и может быть выполнена только для кабелей, имеющих запас по длине, позволяющий подключать их к электрооборудованию после отбора образцов в случае их нормального технического состояния. И это главный недостаток данных методик.

Выполняя работы по конструкторско-технологическому сопровождению ремонта корабля водоизмещением более 7000 т в 2009 г., ОАО «51 ЦКТИС» столкнулось с задачей освидетельствования и продления срока службы всех кабельных изделий корабля на 5 лет. Корабль находился в завершающей стадии ремонта, по этой причине изъятие образцов для лабораторных исследований было невозможно.

Технологии диагностики неразрушающими методами уже продолжительное время используются в капитальном и гражданском строительстве, тяжелом машиностроении, при эксплуатации различных объектов, в том числе и кабельной продукции. Исследуя данную проблему и ее решение в других отраслях промышленности,

«Положение по определению технического состояния и управлению старением кабелей на атомных станциях», РД ЭО 0322–02 разработанное по результатам работ ФГУП «НИИП» и ОАО «51 ЦКТИС» было адаптировано для проведения освидетельствования кабельных изделий на надводном корабле в виде «Программы проведения контроля состояния кабельных трасс корабля неразрушающими методами с прогнозом технического состояния кабелей, условий, при которых возможна их дальнейшая эксплуатация», распространяющейся на силовые и контрольные кабели всех типов.

Прогнозирование срока службы кабелей на корабле велось по таким характерным показателям старения, как остаточная концентрация пластификатора, оптическая плотность сопряженных углеродных связей С=C, модуль сжатия, температура начала окисления, относительное удлинение при разрыве.

Для контроля состояния и оценки остаточного срока службы кабелей использовался кабельный полимерный индентор EPRI/OGDEN. Применение его позволяет осуществлять неразрушающий контроль кабелей и давать оценку остаточного срока службы ка-

белей с оболочками из резины и ПВХ по модулю сжатия при преобладании теплового старения кабеля. Данный прибор обладает высокой скоростью измерения и возможностью проведения измерений на необесточенном кабеле, т. е. без его демонтажа и отключения отбора образцов. Элементы кабельного индентора и схема локального индентирования оболочек кабелей показаны на рис. 2.



Рис. 2. Схема локального индентирования оболочки кабеля

Выход из строя оболочек кабеля определяется по возрастанию модуля сжатия оболочек, измеряемого индентором до предельно допустимой величины модуля сжатия $M_{пр}$. Предельно допустимая величина $M_{пр}$ определяется предварительно при лабораторных испытаниях таких кабелей. Для наиболее часто используемых оболочечных материалов исходные M_0 и предельные значения $M_{пр}$ модуля сжатия приведены в табл. 1.

Таблица 1
Исходные и предельные значения модуля

Тип материала	Предельно-допустимое значение $M_{пр}$, Н/мм	Исходное (несостаренное) значение M_0 , Н/мм
ПВХ – пластикат, используемый в качестве изоляции и (или) оболочки кабелей, эксплуатируемых на кораблях	86,0	От 10,0 до 30,0
Резины, используемые для кабелей, эксплуатируемых на кораблях	22,0	От 4,0 до 7,0

Измерения проводятся согласно инструкции по эксплуатации индентора EPRI/OGDEN в разных точках по оболочке кабеля не менее пяти раз, при этом допустимые нагрузки и пределы для расчета модуля сжатия выбирают в зависимости от типа оболочки согласно табл. 2. Результаты заносят в протокол.

Таблица 2
Максимально допустимые нагрузки на зонд и рекомендуемые пределы сил для расчета модуля сжатия в зависимости от типа материала

Тип материала оболочки	Максимально допустимые нагрузки, Н	Пределы для расчета модуля, Н	
		нижний	верхний
Поливинилхлорид	9,0	1,5	4,5
Хлорсульфатный полиэтилен	13,0	4,5	9,0
Этиленпропиленовая резина	9,0	1,0	3,0
Кремнийорганическая резина	4,5	1,0	3,5
Вулканизированный полиэтилен	9,0	1,5	3,5
Бутиловая резина	4,5	1,0	3,0

По данным из протокола рассчитывается среднее значение модуля сжатия $M_{ср}$, определяется среднеквадратичное S отклонение и рассчитывается значение модуля сжатия при уровне значимости 0,95 при одностороннем критерии по формуле

$$M^{0,95} = M_{ср} + \frac{S}{\sqrt{N}} \cdot t(\gamma) \text{ Н/мм}, \quad (1)$$

где N – число измерений; $M_{ср}$ – среднее значение модуля; S – среднее квадратичное отклонение; $t(\gamma)$ – коэффициент Стьюдента.

Если величина $M^{0,95}$ равна или превышает значению предельно-допустимой величины $M_{пр}$, то считается, что кабель выработал свой срок службы и подлежит замене. Значения $M_{пр}$ для некоторых типов кабельных изоляционных материалов представлены в табл. 1.

Прогнозирование остаточного срока службы для оболочек из ПВХ и кабельных резин можно вести по модулю сжатия $M(\tau_{остМ})$ с помощью формулы:

$$\tau_{остМ} = \tau_d \cdot \frac{M_{пр} - M(d)^{0,95}}{M(d)^{0,95} - M_0}, \text{ число лет}, \quad (2)$$

где τ_d – срок службы кабеля на момент диагностирования, в годы (если известно точное начальное значение M_0 , то для подстановки в формулу (2) при прогнозировании из табл. 1 выбирают наибольшее значение M_0).

Выбор представительных кабелей для диагностики осуществлялся на основе отбора кабелей из идентичных по изоляционным материалам, по условиям и режимам эксплуатации: температуре поверхности, окружающей температуре, влажностью, уровню и частоте изменения токовых нагрузок. Для контроля состояния неразрушающими методами были отобраны представительные кабели, для которых фиксировалась наибольшая эксплуатационная температура. Всего в представительский перечень (перечень контролируемых кабелей) вошло 500 кабелей всех типов.

Обследование, измерения и испытания кабелей корабля и их изоляционных материалов показали следующее:

- состояние открытых участков кабельных линий удовлетворительное;
- механические и физико-химические характеристики кабельных изоляционных материалов из резины, ПВХ пластика, ПЭ представительных кабелей не выходят за допустимые пределы, кабели работоспособны;

- повышенных значений модуля сжатия по индентору для представительных кабелей в эксплуатации не зафиксировано;
- остаточная концентрация пластификаторов в поливинилхлоридных оболочках представительных кабелей в «горячих точках» эксплуатации составила не менее 23% при предельной величине 13%; максимальная плотность сопряженных связей не превышала значения 0,025 при предельной величине 0,075.

Результаты расчета остаточного срока службы по ОУР, модулю сжатия, концентрации пластификатора, плотности сопряженных связей, температуры начала окисления для всей кабелей превышает заявленный, равный 5 годам.

Анализ результатов обследования кабелей типов КРНЭГ, КМПЭВЭ, НГРШМ, МЭРШН-100, КНРТЭ, КНРП, КМПВЭ, КНРЭ, РК, НРШМ на заказе показал об отсутствии или незначительном их старении на большей протяженности трасс. В локальных местах трассировки с повышенной эксплуатационной температурой расчетный срок службы превышает заявленный срок равный 5 годам.

С 2009 г. корабль, на котором проводилось освидетельствование кабельных изделий, интенсивно эксплуатировался, участвовал в боевых службах в районах с различными климатическими условиями. Выхода из строя техники, связанной с неисправностью кабельных соединений, не зафиксировано.

Продолжительность работ по диагностике кабелей с помощью кабельного индентора составила 10 рабочих дней, обработка результатов и составление заключения – 20 рабочих дней. Задача определения экономического эффекта при выполнении работ не стояла, но по анализу возможных трудозатрат этих работ по существующим методикам и трудозатрат работ, выполненных с использованием кабельного индентора, показали эффективность порядка 200–250%.

Диагностика кабельным индентором пригодна не для всего объема кабельных изделий, используемых на кораблях и судах ВМФ, а лишь для кабелей с резиновой изоляцией. Освидетельствование кабелей с ПВХ и пластиковой изоляцией проводилось с помощью методов дифференциальной сканирующей микрокалориметрии и инфракрасной спектроскопии в лабораторных условиях. Отчет о результатах этой работы читайте в следующей публикации. ■

В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные с расчетом и проектированием поршневых компрессоров, сжимающих воздух.

Поршневые компрессоры широко применяются в современной криогенной технике и являются одними из основных технологических машин, определяющих эффективность и надежность работы криогенных установок в целом [1].

Был спроектирован поршневой компрессор минимальных осевых размеров по оси вала – получился жесткий вал, поскольку опоры между подшипниками в этом случае минимальны. Даже при минимальных габаритах и толщине вала он обладал достаточной жесткостью. Схема

существует в дифференциальном исполнении, в этом случае:

- 1) сокращается полезная площадь для размещения клапанов;
- 2) при прочих одинаковых условиях поршневой компрессор имеет повышенные газодинамические сопротивления, что способствует уменьшению эффективности;
- 3) сложное цилиндрическое литье при дифференциальном исполнении и специфическая технология обработки деталей.

При выполнении данной работы была поставлена задача спроектировать типоразмерный ряд компрессоров высокого давления на минимальный расход газа, соответствующий поршневому компрессору «ЭКЗ-1» завода ОАО «Компрессор», и более, но с повышенной эффективностью, простой сборкой/разборкой. С этой целью агрегат будет спроектирован в четырехрядном исполнении с поршнями одностороннего действия тронкового типа на 1-й и 2-й ступенях сжатия и с дифференциальными поршнями на 3-й и 4-й ступенях соответственно. Низ дифференциального поршня выполняет функцию крейцкопфа в данной конструкции компрессора.

Объектом исследования являются ступени компрессоров, геометрические и режимные параметры которой приведены в табл. 1 и 2.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА V-ОБРАЗНЫХ БАЗАХ С РАЗЛИЧНЫМ ЧИСЛОМ РЯДОВ

Л. Г. Кузнецов, д-р техн. наук, проф., заслуженный машиностроитель РФ, ген. директор ОАО «Компрессор»,

Ю. Л. Кузнецов, канд. техн. наук, ген. директор ОАО «Компрессор газ»,

И. К. Прилуцкий, д-р техн. наук, проф.,

П. О. Галяев, магистрант,

Санкт-Петербургский нац. исслед. ун-т ИТМО,

Институт холода и биотехнологий,

контакт. тел. (812) 295 5090, 315 3617

Таблица 2

Параметры исследуемых ступеней компрессора «ЭК-4У-40-200» и «ЭК-4У-50-200»*

Параметр и размерность	«ЭК-4У-40-200»				«ЭК-4У-50-200»			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Давление всасывания $p_{вс}$, МПа	0,10	0,35	1,38	5,48	0,10	0,4	1,5	5,58
Давление нагнетания $p_{нг}$, МПа	0,35	1,38	5,48	20,1	0,40	1,5	5,58	20,1
Температура на всас. $T_{вс}$, К	293	298	298	298	293	298	298	298
Диаметр цилиндра $D_{ц}$, мм	150	95	44	24	180	95	50	28
Ход поршня S_p , мм	45				45			
Диаметр штока, мм	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Psi = S_p/D_{ц}$	0,3	0,47	1,02	1,88	0,25	0,47	0,9	1,61
Мертвое пространство a , %	8,15	18	24	28	9	17	21,3	30,2
Тип клапанов	Сфер	Сфер	Сфер	Сфер	Лент	Лент	Сфер	Сфер
Количество клапанов	12/12	5/5	2/2	1/1	1/1	1/1	2/2	1/1
Частота вращения вала n , об/мин	980				980			
Средняя скор. поршня c_p , м/с	1,5				1,5			
Эмпирический коэф. $K_{ст}$	0,4				0,4			

*Рабочее вещество – воздух (реальный газ)

Таблица 1
Параметры исследуемых ступеней компрессора «ЭКЗ-1»*

Параметр и размерность	Ступени			
	1	2	3	4
Давление всасывания $p_{вс}$, МПа	0,10	0,39	1,50	5,50
Давление нагнетания $p_{нг}$, МПа	0,39	1,50	5,50	20,1
Температура на всас. $T_{вс}$, К	293	293	298	298
Диаметр цилиндра $D_{ц}$, мм	150	95	44	24
Ход поршня S_p , мм	45			
Диаметр штока, мм	26	44	-	-
$\Psi = S_p/D_{ц}$	0,3	0,47	1,02	1,88
Мертвое пространство a , %	8,15	21	25	35
Тип клапанов	Сфер.	Сфер.	Сфер.	Сфер.
Кол-во клапанов	8/8	3/3	1/1	1/1
Частота вращения вала n , об/мин	980			
Средняя скор. поршня c_p , м/с	1,5			
Эмпирический коэф. $K_{ст}$	0,4			

*Рабочее вещество – воздух (реальный газ)

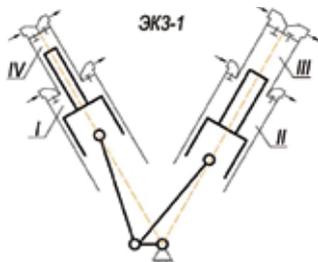


Рис. 1. Схема базового компрессора

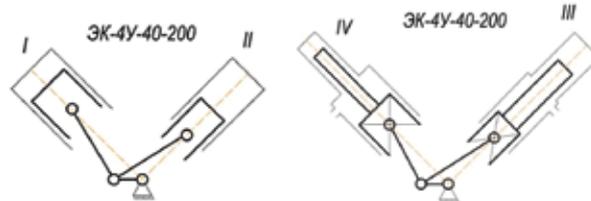


Рис. 2. Схема работы модернизированного компрессора «ЭК-4У-40-200»

Поскольку в ходе работы исследовались прежде всего процессы в ступени компрессора, на стадии подготовки к проведению численного эксперимента минимизировалось влияние сопутствующих факторов. С этой целью для каждого расчетного варианта ступени определялись оптимальные параметры клапанов (число пластин $Z_{пл}$, их толщина $\delta_{пл}$ и перемещение $h_{пл}$).

Целью настоящей работы является изучение особенностей работы ступени компрессоров, исполненных на разных базах.

Поставленная цель достигается при использовании в ходе численного эксперимента модернизированной прикладной программы КОМДЕТ-М, разработанной на кафедре криогенной техники Института холода и биотехнологий. При выполнении численного эксперимента были приняты следующие допущения:

- давление в полостях всасывания и нагнетания постоянно во времени;
- степень герметичная ($v_{пр} = 0$ и $v_{в.у} = 0$);
- сжимаемый газ не содержит влаги ($v_{вл} = 0$).

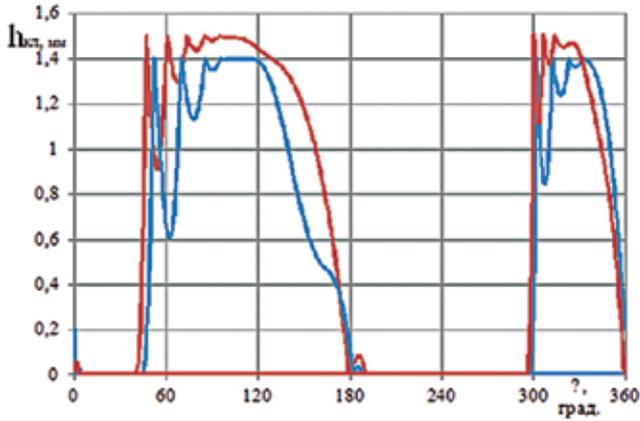


Рис. 3. Динамика движения пластин клапанов
 — «ЭКЗ-1»; — «ЭК-4У-40-200»

Для упрощения восприятия приводимых ниже результатов расчетного анализа исследуемых ступеней компрессора введем обозначения [2]:

- 3 и 3' – ВМТ и момент закрытия нагнетательного клапана;
- 4 и 4' – начало и момент полного открытия всасывающего клапана;
- 1 и 1' – НМТ и момент закрытия всасывающего клапана;
- 2 и 2' – начало и момент полного открытия нагнетательного клапана;
- p и c – точки, соответствующие равенству температур газа и стенок в процессах расширения (p) и сжатия (c) соответственно.

Анализируя рабочий цикл ступени компрессора в координатах $T - s$, можно отметить следующее:

1. **Процесс расширения.** Изменение энтропии любого газа в процессе 3'- p -4 при заданной частоте вращения вала ($n = 980$ об/мин) и интенсивном водяном охлаждении ($K_{ст} = 0,4$) предельно мало. При практических расчетах процесс расширения 3'- p -4 в герметичных ступенях можно рассматривать как адиабатный.

2. **Процесс всасывания** при $K_{ст} = 0,4$ фактически состоит из двух качественно различных участков. На участке 4-4' преобладает смешение всасываемого газа с температурой $T_{вс} = 293$ К с газом расширившимся из мертвого пространства и имеющим более низкую температуру. На втором участке 4'-1 преобладает подогрев газа от окружающих стенок с температурой $T_{ст} > T_{вс}$. В процессе всасывания 4-4'-1-1' количество подведенной теплоты достигает максимальных значений.

3. **Процесс сжатия.** При $K_{ст} = 0,4$ изменение энтропии в процессе 1' - c - 2 идентично для всех компрессоров. При практических расчетах герметичных ступеней этот процесс также можно принимать адиабатным.

4. **Процесс нагнетания.** На участке 2-2'-3-3' при заданном режиме охлаждения ступени ($K_{ст} = 0,4$) от газа отводится максимальное количество теплоты, что отражается на температуре, а следовательно, на плотности и массе газа остающемся в мертвом пространстве ступени.

Данные, приведенные на рис. 4, выявляют другую причину изменения интенсивности теплообмена на отдельных участках рабочего цикла при сжатии газа. В частности, наблюдается перераспределение давлений по ступеням, что приводит к уменьшению отношения давлений в ступени I сопровождаемое снижением теплонапряженности ступени и повышением производительности компрессора.

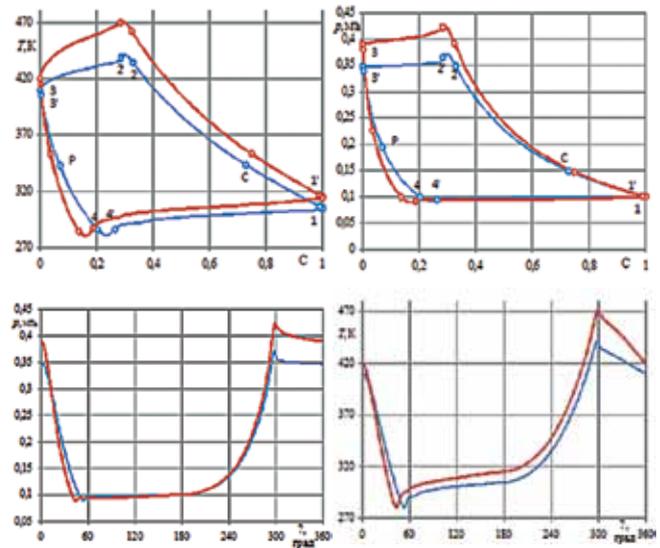


Рис. 4. Рабочий цикл ступени компрессоров в координатах $T - C, p - C$.
 — «ЭКЗ-1»; — «ЭК-4У-40-200»

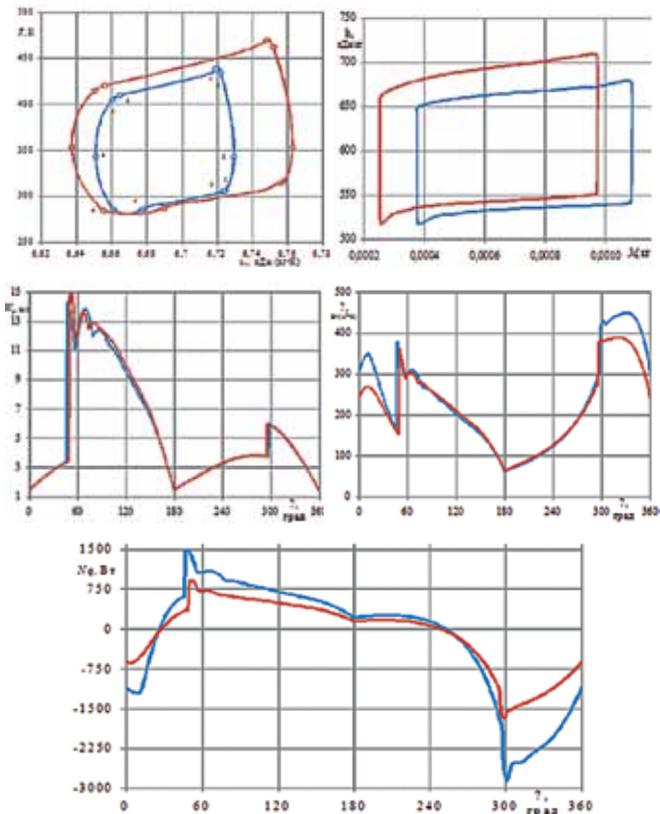


Рис. 5. Текущие значения теплообмена
 — «ЭКЗ-1»; — «ЭК-4У-40-200»

В ряде случаев производительность ступени компрессора оценивают на основе индикаторной диаграммы, измеряя отрезок диаграммы, соответствующий процессу всасывания [2]. Рассмотрим корректность данного подхода на примере расчетных индикаторных и температурных диаграмм, приведенных на рис. 4.

Анализируя только индикаторные диаграммы, можно сделать вывод, что наибольший объем всасываемого газа V_{4-1} соответствует ступени варианта «ЭКЗ-1». Однако из этого вовсе не следует, что и объемная производительность ступени, тоже будет максимальной. В соответствии с температурной диаграммой при работе ступени «ЭКЗ-1» наблюдается наибольший подогрев газа в процессе всасывания 4-1, что приводит к снижению его плотности в конце процесса всасывания (или

Интегральные параметры герметичной ступени компрессоров ($K_{ст} = 0,4$)*

Параметр и размерность	«ЭКЗ-1»	«ЭК-4У-40-200»
T_3, K	420,2	414,6
T_4, K	284,3	281,0
T_1, K	314,6	307,8
T_2, K	462,3	453,1
$\rho_3, кг/м^3$	3,231	3,275
$\rho_1, кг/м^3$	1,105	1,132
$\rho_3/\rho_1, кг/м^3$	2,024	2,893
$\Delta T_{4-1}, K$	-30,3	-26,8
$\Delta T_{2-3}, K$	42,1	38,5
$T_{нг,ц}, K$	470,98	460,59
λ	0,7627	0,7756
$\lambda_t = T_{вс}/T_1$	0,9315	0,9519
$\lambda_o = 1 - a(\rho_3/\rho_1 - 1)$	0,8431	0,8457
$V_{н,у} = V_{вс}$ (при $T_{н,у} = T_{вс} = 293 K$), $Нм^3/мин$	0,5690	0,5965
$M, кг/ч$	41,1379	43,1283
$N_h = m(h_{нг} - h_{вс}), кВт$	1,831	1,899
$N_{инд}, кВт$	1,942	1,955
$N_Q = N_h - N_{инд}, кВт$	-0,111	-0,056
$N_{уд,инд} = N_{инд}/V_{н,у}, кВт/(м^3/мин)$	3,413	3,277
$\chi_{вс}, кВт (%)$	0,059 (3,2)	0,030 (1,6)
$\chi_{нг}, кВт (%)$	0,052 (2,8)	0,026 (1,4)

* Рабочее вещество – воздух (реальный газ)

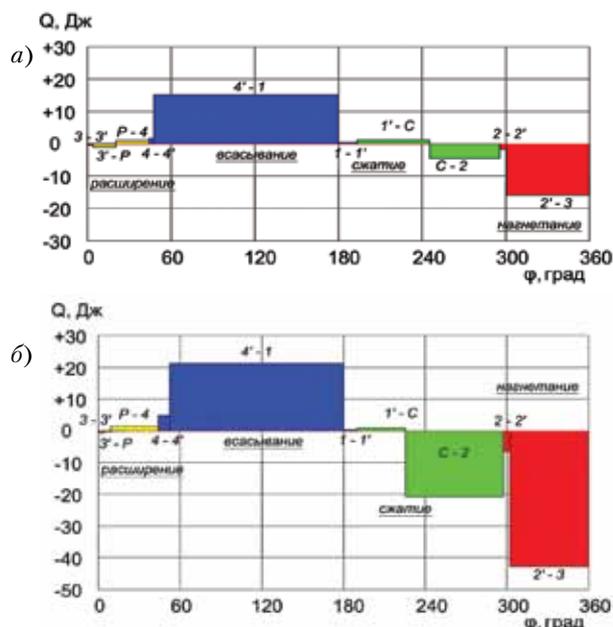


Рис. 6. Текущие значения теплообмена:

а – Q – ϕ для «ЭКЗ-1»; б – Q – ϕ для «ЭК-4У-40-200»

в начале процесса сжатия) ρ_1 . Сочетание повышенных значений V_{4-1} с пониженными величинами ρ_1 может приводить к снижению массового заряда цилиндра $M_{вс} = \rho_1 V_{4-1}$, следовательно, и объёмной производительности ступени.

Количественная оценка интегральных параметров ступеней, приведена в табл. 3. На основании приведенных в ней результатов можно отметить следующее:

1. Эффективность работы ступени, оцениваемая по величине удельной индикаторной мощности $N_{уд,инд}$, повышается при повышенных потерях на всасывании и нагнетании.

2. Индикаторная мощность ступени увеличивается и температура нагнетаемого газа возрастает по мере перехода от дифференциального исполнения к тронковому, что наглядно иллюстрируют индикаторные и температурные диаграммы, показанные на рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

- Френкель М.И. Поршневые компрессоры. – СПб.: Машиностроение, 1969. – 742 с.
- Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И. Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах. Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Изд. СПбГАХиПТ, 1995. – 200 с. ■

Уважаемый Михаил Анатольевич!

Открытое акционерное общество «Компрессор» горячо поздравляет Вас и весь коллектив ОАО «ПО «Севмаш» с юбилеем. За 75 лет благодаря своему

труду, целеустремленности и высокому профессионализму предприятие стало самой крупной и мощной судостроительной верфью, известной не только в нашей стране, но и во всем мире.

ПО «Севмаш» занимает достойное место среди крупнейших производителей военной техники для ВМФ России и зарубежных заказчиков, морской техники для добычи нефти и газа, гражданских судов, изготовителей продукции технического назначения для машиностроительной, металлургической, нефтегазовой и других отраслей промышленности.

В разные годы со стапелей «Севмаша» сходили и продолжают сходить уникальные корабли, среди которых необходимо отметить первый в мире подводный атомоход с баллистическими ракетами, первую в мире титановую подводную лодку, самые глубоководные и большие в мире корабли, стратегические подлодки четвёртого поколения «Ясень» и «Борей» полностью укомплектованные отечественным оборудованием.

На протяжении всех лет ОАО «Компрессор» обеспечивал строящиеся корабли оборудованием для компримирования

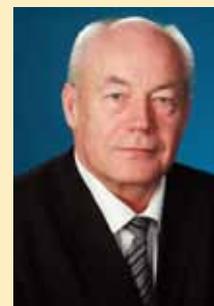
ПОЗДРАВЛЕНИЕ С 75-ЛЕТИЕМ ОАО «ПО «СЕВМАШ»

и очистки воздуха и других газов. Предприятие с максимальной ответственностью подходит к выполнению заключенных с ПО «Севмаш» договоров по поставке компрессорного оборудования. Сотрудничество наших компаний направлено на достижение главной цели – укрепление авторитета и престижа России. Выражаем уверенность в дальнейшем продолжении совместной работы.

Пусть эта значимая дата станет ещё одним шагом вперед на пути открытий новых горизонтов, реализации задуманных планов и проектов.

Желаем всему коллективу успехов, удачи и процветания!

С уважением,
генеральный директор ОАО «Компрессор»
д-р техн. наук, проф. Л.Г. Кузнецов



Теплообменные аппараты – составная часть судовой энергетической установки. Непрерывное наращивание мощностей энергетических установок требует постоянного совершенствования теплообменных аппаратов. Так как на их долю приходится значительная часть веса и объема судовой энергетической установки, необходимо в первую очередь добиваться уменьшения их веса и габаритов. Создание легких компактных теплообменных аппаратов, работающих с минимальными затратами мощности на прокачку теплоносителя, оказалось возможным благодаря разработкам новых видов поверхностей теплообмена.

Машиностроительное предприятие ООО «Винета» разработало новую плоскую профилированную трубку, сочетающую в себе эффективность теплообмена пластинчатых теплообменников и надежность кожухотрубных. Трубка представляет собой пластину сечением сложной формы.

Основная задача, которая была решена в процессе создания новой плоской профилированной трубки, – это упрощение технологии изготовления плоских труб с сохранением эффективности теплообмена.

В качестве опытного образца для определения теплотехнических параметров при использовании профилированных трубок был изготовлен масляный холодильник МХД-4 (рис. 1), ранее изготавливаемый по ТУ5.423-9344-78. Масляный холодильник МХД-4 предназначен для установки на малых быстроходных кораблях, судах и катерах в системах охлаждения энергетических установок. Он является кожухотрубным, охлаждаемая среда – масло, а охлаждающая – забортная (морская) вода. Охлаждаемая среда – в трубной полости, а забортная вода течет в межтрубной полости, движение рабочих жидкостей – перекрестное.



Рис. 1. Холодильник масляный МХД-4

Была разработана методика расчета теплообменных аппаратов с новыми плоскими трубками. В основу этой методики легли следующие утверждения:

1. Вследствие сложности формы трубки течение в ней становится неравномерным, разные скорости приводят к разным коэффициентам теплоотдачи

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ

А. В. Шварева, инженер-конструктор 2-й категории ООО «Винета», контакт. тел. (812) 493 5048, +7 (981) 748 8879

для разных частей трубки. Для расчета течения жидкости внутри трубки каждая трубка условно делилась на два эллиптических канала и четыре круглых. Эллиптические каналы приближенно рассматривались как прямоугольные.

2. Поперечное обтекание трубного пучка рассматривалось как обтекание коридорного пучка мембранных труб. Пластинчатые каналы считались как ребра, учитывались геометрия ребра и его коэффициент эффективности.

Подробно данная методика расчета описывалась в предыдущей статье автора «Перспективы применения в теплообменных аппаратах плоских профилированных труб».*

Поверочный расчет масляного холодильника МХД-4 был проведен с целью проверки соответствия требованиям спецификационного режима работы по ТУ5.423-9344-78.

С 23 апреля 2013 г. по 25 апреля 2013 г. холодильник МХД-4 подвергся стендовым испытаниям на комплексном стенде КС10606 ОАО «НПО ЦКТИ» (инвентарный № 10606; аттестат первичной аттестации № 254/05818, выданный ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, действителен до 20.08.2015), входящем в состав Испытательного центра энергетического оборудования ОАО «НПО ЦКТИ», аккредитованный Федеральным агентством по аккредитации («Росаккредитация») аттестат РОСС RU.0001.22MX02 от 29.05.2012 г., действ. до 29.05.2017 г.

Целями испытаний являлись:

– определение соответствия теплогидравлических характеристик холодильника масляного МХД-4 значениям, определенным по ТУ5.423-9344-78 и подтвержденным результатами теплового расчета.

– на основе результатов испытаний, проведенных с изменением в широком диапазоне режимных параметров теплообменивающихся сред, определение соответствия действительных теплогидравлических характеристик холодильника масляного МХД-4, значениям, рассчитанным по разработанной программе-алгоритму теплогидравлического расчета холодильника масляного

МХД-4. Результаты испытаний позволяют верифицировать эту расчетную программу-алгоритм и, при необходимости, внести в неё необходимые коррективы;

– определение по верифицированной программе – алгоритму действительных теплогидравлических характеристик холодильника масляного МХД-4 при работе его в проектном по по ТУ5.423-9344-78 режиме охлаждения масла при пропуске его как в трубном, так и в межтрубном пространстве холодильника МХД-4.

Исходя из возможности стенда и учитывая однофазный характер потоков воды и масла в холодильнике МХД-4, испытания проводились при движении:

- охлаждаемой среды (турбинный конденсат ТЭЦ «НПО ЦКТИ») в межтрубном пространстве сверху вниз;
- охлаждающей среды (вода городского водопровода) внутри труб.

В процессе испытаний поэтапно и последовательно определяют гидравлическое сопротивление полостей охлаждаемой и охлаждающей сред и тепловые параметры (тепловую мощность МХД-4, коэффициент теплопередачи МХД-4 и коэффициент теплоотдачи от охлаждаемой среды в межтрубной полости при поперечном обтекании трубок к стенке трубки).

Параметры, контролируемые во время стендовых испытаний:

- давление охлаждаемой среды на входе в холодильник;
- давление охлаждающей среды на входе в холодильник;
- температура охлаждаемой среды на входе в холодильник;
- температура охлаждающей среды на входе в холодильник;
- расход охлаждаемой среды;
- расход охлаждающей среды;
- время проведения этапов испытаний при выходе холодильника на установившийся режим работы.

Параметры, определяемые во время испытаний:

- давление охлаждаемой среды на выходе из холодильника;
- давление охлаждающей среды на выходе из холодильника;

* «Морской вестник», 2014, № 2 (50)

- температура охлаждаемой среды на выходе из холодильника;
- температура охлаждающей среды на выходе из холодильника.

Диапазон параметров проведения опытов соответствовал техническому заданию. Расходы охлаждаемой среды – от 5 до 7 м³/ч, расходы охлаждающей среды – от 20 до 40 м³/ч. Спецификационная температура охлаждаемой среды 70–80 °С, спецификационная температура охлаждающей среды 23–25 °С. Все опыты проводились при постоянных температурах.

По обеим теплообменивающим средам замерялись расход воды (G_1, G_2) её давление на входе в испытуемый холодильник (P_1, P_2), перепад давления по нему ($dP_1; dP_2$), температуры воды на входе в испытуемый холодильник ($T_{1\text{ вх}}; T_{2\text{ вх}}$) и на выходе из него ($T_{1\text{ вых}}; T_{2\text{ вых}}$). Все замеры температур дублировались, т. е. в одном сечении устанавливались по две термомпары. Горячий спай одной из них (кабельная термомпара КТМС ХА) через сальниковое уплотнение непосредственно вводился в поток воды (постоянная времени термомпары 0,1 с). Горячий спай второй термомпары приваривался к наружной поверхности входного (выходного) патрубка и теплоизолировался. При обработке результатов испытаний приоритет отдавался показаниям кабельных термомпар. Перед началом испытаний проводилась контрольная градуировка цепей измерения температур путем пропускания через испытуемый холодильник только одной из сред. При этом теплообмен между средами отсутствовал, а потеря (приобретение) тепла из окружающего воздуха соответствовало расчётному изменению температуры среды не более чем на 0,15°С. Такая же градуировка проводилась по охлаждаемой воде в конце испытаний, когда ее температура составляла примерно 100°С. По охлаждающей воде, подаваемой из городского водопровода, на протяжении всего периода испытаний температура составляла примерно 2,5°С.

Всего было проведено 32 опыта. По их результатам считались действительные значения мощности:

$$N_{\text{д}} = [G_{\text{сп}} (T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}})].$$

На рис. 2 в сравнении с расчетными результатами представлены действительные значения мощности.

Из анализа данных отметим:

- хорошее соответствие друг с другом действительных значений мощности, определённых по обеим средам ($N_{\text{д1}}; N_{\text{д2}}$). Отличие не превышает (–7,6%) – (+5%) при среднем его значении +0,2%;
- удовлетворительное соответствие друг с другом действительных и расчётных значений мощности МХД-4

($N_{\text{д}}$ и $N_{\text{р}}$). Их отличие не превышает (–15%) – (+9%) при среднем его значении –2,8%.



Рис. 2. Соответствие расчетных и действительных значений мощности

Таким образом, на основании теплогидравлических испытаний показана хорошая корреляция действительных и расчетных значений тепловой мощности холодильника МХД-4. Результаты испытаний позволили верифицировать эту расчетную программу.

Теплогидравлические расчеты при проектировании теплообменных аппаратов выполняются как с целью определения характеристик поверхности теплообмена (конструктивный расчет), так и для определения параметров теплоносителей в различных эксплуатационных режимах (проверочный расчет). Основная цель конструктивного расчета теплообменного оборудования заключается в поиске оптимальной (по размерам, конфигурации и стоимости) поверхности теплообмена, которая необходима для получения расчетной тепловой мощности аппарата при заданных конечных температурах, давлениях и расходах. Целью проверочного расчета является проверка соответствия требованиям эксплуатационного режима теплообменного аппарата.

После стендовых испытаний опытного образца было принято решение заменить в некоторых теплообменных аппаратах круглые трубы на новые плоские. Судовые охладители масла и воды с подвижными трубными решетками типа ОКП были пересчитаны согласно верифицированной программе-алгоритму. Для соответствия охладителям их проектным режимам работы достаточно было существенно меньшей площади поверхности теплообмена, что привело к уменьшению массогабаритных характеристик охладителей.

Минимизация габаритов приводит к уменьшению металлоемкости изделия и, следовательно, к удешевлению конструкции. Интенсификация теплообмена приводит к уменьшению массы изделия и к экономии дефицитных материалов.

Ниже приведена таблица, составленная на основе тепловых расчетов. Для примера взят охладитель судовой масла и воды ОКП 17–420 (рис. 3) с плоскими трубами и с исходными круглыми. При

одинаковых режимах работы с сохранением исходных габаритов был проведен сравнительный расчет.

Таблица

Сравнение характеристик охладителя с плоскими и круглыми трубами

Характеристика	ОКП 17–420	
	с плоскими трубами	с круглыми трубами
Площадь поверхности теплообмена, м ²	8,6	17,9
Тепловая мощность, Вт	123800	108000
Количество труб, шт.	108	688
Масса, кг	225	601



Рис. 3. Охладитель судовой ОКП17–420 с плоскими трубами

Таким образом, эффективность теплообменного аппарата с плоскими трубами выше, масса существенно меньше, а уменьшение количества труб в комплексе с оптимизацией технологии изготовления и сборки изделия снижает трудоемкость изготовления.

На производственной базе ООО «Винета» был разработан и изготовлен модельный ряд судовых охладителей типа ОКП, и успешно выполняются заказы на данную продукцию. Также в настоящее время вводятся в производство водяные холодильники типа ВХД и масляные холодильники типа МХД с новыми профилированными трубами и заключен договор на их поставку.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ5.423-9344–78. Холодильники масляные типа МХД. Технические условия.
2. Беляев В.А., Шуклин Ю.А. Проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, –М., 2009.
3. Кутенов А.М., Жихарев А.С. Конструирование и расчет теплообменных аппаратов, –М., 1983.
4. РД 24.035.05–89. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС./ «НПО ЦКТИ», Л., 1991.
5. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалёв С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. –М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Кутеладзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справ. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Баев С.Ф. Судовые компактные теплообменные аппараты. –Л.: Судостроение, 1965. ■

«да – нет»), при этом прямая последовательность действий рассматривается как выбираемая при положительном исходе;

- специально вводимые точки ветвления, соответствующие выбору из имеющихся равноправных альтернатив (условное действие «альтернатива»).

Для некоторых действий может потребоваться задание контроля времени их выполнения, а именно: для управляющих действий оператора может быть указано предельно допустимое время выдачи оператором требуемой команды; для действий по контролю сигнализации – время срабатывания сигнализации.

Для систем управления, характеризуемых большим количеством команд управления и сигнализаторов, относящихся к разным подсистемам, целесообразно ввести иерархическое представление списка доступных действий с выбором сначала интересующей подсистемы и отображением в списке элементов только для выбранной подсистемы.

При включении нового действия в набор эталонного сценария необходимо указать параметр команды или сигнала в зависимости от типа действия:

- для дискретной команды – включить (открыть) или отключить (закрыть);
- для аналоговой команды (задание уставки) – заданная величина уставки (в единицах, отображаемых на пульте управления);
- для контроля сигнализатора с двумя состояниями – есть сигнал или нет;
- для контроля сигнализатора с тремя состояниями (индикатор с засветкой миганием) – есть, нет, мигает;
- для контроля сигнализатора аварийно-предупредительной сигнализации (индикатор с разноцветной засветкой) – красный, желтый, зеленый цвет либо отсутствие засветки;
- для контроля аналогового сигнала – пороговое значение сигнала (в единицах, отображаемых на пульте управления).

Требуется указать логическое место добавляемого действия в дереве формируемого набора относительно выбранного в данный момент (подсвеченного) элемента, который рассматривается как точка ветвления:

- добавить ниже (в прямую нисходящую ветвь дерева);
- добавить справа (в боковую нисходящую ветвь дерева).

Требуется указать отведенное время на выполнение действия: лимит времени на ввод команды управления или предельно допустимое время срабатывания сигнализации.

При включении в набор условного действия «альтернатива» выполняется только выбор места включения. Сформированный набор действий, включая атрибуты каждого действия, сохраняется в таблице EtalonActionsList БД.

Таблица фактического сценария содержит последовательность действий, выполняемых обучающимся оператором в ходе учебного занятия (кроме действий по управлению собственно занятием), и формируется на основе графа эталонного сценария, который при этом:

- линеаризуется в соответствии с фактическим ходом занятия, где в каждой из точек ветвления выбирается одна из указанных альтернатив;
- при условном ветвлении (на действиях по контролю сигнализации) – по значениям контролируемых параметров, зафиксированных к моменту выбора;
- при ветвлении между равноправными альтернативами (специальные узлы типа «альтернатива») – по фактическому выбору оператора;
- дополняется не предусмотренными эталонным сценарием управляющими воздействиями, произведенными оператором в ходе тренировки;
- отсекается снизу по первому обнаруженному действию, которое не было выполнено.

Все действия, включающиеся в таблицу фактического сценария, помечаются одной из следующих оценок:

- действие выполнено успешно;
- действие выполнено несвоевременно (для действия по уп-

равлению) – при превышении заданного лимита времени на ввод управляющего воздействия;

- действие не выполнено в том числе по следующим причинам:
- отказ системы (для действий по контролю сигнализации, не являющихся точками ветвления эталонного сценария) – при превышении заданного лимита времени ожидания срабатывания сигнализации;
- ошибки оператора – во всех остальных случаях невыполнения действия;
- действие ошибочно (неверно либо избыточно) – для действий по управлению, произведенных сверх указанных в эталонном сценарии.

Оценка о невыполнении может быть дана только одному действию, при этом дальнейшая раскрутка графа эталонного сценария прекращается. Отметим также, что для выявления отказов выполнения команд управления в эталонном сценарии необходимо всегда указывать предельно допустимое время срабатывания средств сигнализации.

Общая оценка выполнения задания определяется оценками отдельных действий, формируется по наилучшей из имеющихся частных оценок, с учётом общего лимита времени на выполнение задания (если он определен) и принимает одно из следующих значений:

- задание выполнено успешно (все действия в таблице имеют пометку «успешно»);
- задание выполнено с ошибочными действиями;
- задание выполнено с несвоевременными действиями;
- задание выполнено с нарушением лимита времени;
- задание выполнено с ошибочными и несвоевременными действиями;
- задание выполнено с ошибочными действиями и нарушением лимита времени;
- задание выполнено с несвоевременными действиями и нарушением лимита времени;
- задание выполнено с ошибочными, несвоевременными действиями и нарушением лимита времени;
- задание не выполнено: отказ системы;
- задание не выполнено: ошибка оператора;
- выполнение задания прервано (не завершено).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход к решению задачи автоматизации контроля уровня обученности оператора в процессе занятий на тренажере основывается на создании модуля эталонных учебных сценариев. Сам процесс создания МЭС имеет два аспекта: педагогический и технический. Педагогический аспект заключается в разработке эталонных сценариев в соответствии с учебными программами подготовки специалистов на конкретном тренажере.

Технический аспект заключается в разработке: представления эталонных сценариев в виде функциональной сети или графа, программного и аппаратного обеспечения МЭС. Таким образом, решение задачи автоматизации контроля уровня обученности операторов ВМФ в процессе подготовки на тренажерной технике предполагает творческое сотрудничество специалистов заказчика и исполнителя.

Специалисты ОАО «Концерн НПО «Аврора» готовы к такому сотрудничеству.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобзев В. В., Лямкин А. Д., Позняк В. К., Шилов Д. К. Автоматизированный контроль работы оператора в комплексной обучающей системе // Морской вестник. – 2013. – № 1 (45). – С. 66–68.
2. Кобзев В. В., Кузнецов Ю. А., Телюк И. В., Шилов Д. К. Идентификация ошибок оператора при отработке на тренажере // Морской вестник. – 2013. – № 2 (46). – С. 73–75.
3. Кобзев В. В., Сизов Ю. Н., Скитидарников А. С., Шилов Д. К. Контроль ошибок действий оператора при отработке на тренажере // Программные продукты и системы. – 2013. № 4 (104). – С. 271–277.
4. Искусственный интеллект. Кн. 1: Системы общения и экспертные системы: Справ. под ред. Э. В. Попова. – М.: Радио и связь. – 1990. – 464с. ■

Ряд катастрофических событий, связанных с ракетной техникой, участвовавшие отказы в период предстартовой подготовки заставляют внимательно проанализировать всю цепочку ее проектирования и изготовления, включая теоретические основы разработки технологии приемочного контроля бортовой аппаратуры. Приемочный контроль как завершающий этап производственного процесса – главный фактор, влияющий на снижение вероятности и тяжести последствий отказов такого рода объектов ответственного назначения, применяемых в сложных условиях эксплуатации. Отсюда следует обоснованное требование ужесточить приемочный контроль, повысить точность и достоверность его результатов и своевременность принятия управляющих решений. Теоретические основы выполнения приемочного контроля сложились к концу 80-х гг. прошлого столетия, и с тех пор вопросы технологического проектирования приемочного контроля практически не изменились, в то время как кардинальным образом изменилась аппаратура – объект контроля. В связи с этим рассмотрение методологических и теоретических вопросов приемочного контроля, разработка моделей и методов оценки технического состояния изделий с большей достоверностью является актуальными.

В данной статье рассматриваются основные положения технологии прогнозирующего контроля критических параметров, учитывающей влияние параметрических отказов на качество функционирования бортовой автоматизированной системы управления летательным аппаратом (БАСУ), полноту выполнения ею назначенных функций, а также уровня вероятности возникновения отказов. Применение данной технологии позволяет получить более глубокую оценку технического состояния системы, выявить на ранней стадии признаки предотказных состояний параметров контроля, определить место, вид и причину потенциальных отказов и сформулировать рекомендации для принятия обоснованных решений по их предотвращению как для производителей, так и для эксплуатирующих организаций.

Целью работы является повышение эффективности приемочного контроля сложных технических объектов на примере БАСУ за счет выполнения прогнозирующего контроля критических параметров с использованием интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для обоснования применения прогнозирующего контроля целесообразно рассмотреть основные особенности приемки изделия в настоящее время по применяемым средствам контроля, контролируемым признакам и технологии контрольных операций. Контроль БАСУ проводится с использованием комплекса контрольно-проверочной аппаратуры (ККПА), выдающей в объект контроля стимулирующих воздействий и анализирующей принимаемую информацию, содержащую ответную реакцию. Техническое состояние объекта контролируется по большому количеству параметров, которые сформированы в некоторую совокупность проверок. Численные значения параметров в зависимости от попадания в интервал допустимых значений получают семантическую оценку «годен» или «не годен». Если хотя бы один из параметров такой проверки получил оценку «не годен», то результату проверки присваивается оценка «не в норме». Это означает, что по результатам приемки БАСУ признается неисправной.

Результатом анализа инцидента, который проводится совместно представителями предприятия-изготовителя и заказчика, является определение места, вида и причин неисправ-

**ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Ю. Ф. Подоплёкин, *д-р техн. наук, проф., академик РАН и АЭН РФ, заслуженный деятель науки РФ, первый зам. ген. директора ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», В. А. Смирнов*, *аспирант, вед. инженер-электроник ЗАО «НПП «Аквамарин», контакт. тел. (812) 271 6774, 445 2122*

ностей, приведших к отказу, а также разработка мероприятий по восстановлению работоспособности системы и по предупреждению отказов. Проведение и реализация результатов анализа и принятых решений контролируется всеми заинтересованными сторонами.

Существующая технология контроля имеет ряд недостатков, ограничивающих ее эффективность. Например, если значение (4,99 В) критичного по отношению к отказу параметра находится вблизи границы допуска (5 В), то по существующим нормативным документам система признается исправной. Однако, учитывая сложные условия эксплуатации и другие факторы, запас работоспособности по данному параметру явно недостаточен и требует проведения упреждающих мероприятий по его увеличению, для обеспечения приемлемого риска потребителя. Сбор, накопление, хранение, обработка, представление и синтез диагностической информации, используемой в процессе анализа инцидента, являются неавтоматизированными операциями и оказывают существенное влияние на своевременность и достоверность принимаемых решений. В процессе анализа и выработки решений большую роль играет человеческий фактор (квалификация, опыт и т. д.). Следует обратить внимание ещё на один недостаток – неразличимость отказа (неисправной составной части БАСУ) средствами ККПА при некоторых комбинациях результатов тестовых проверок. Это приводит к расходованию технического ресурса БАСУ при дополнительных контрольных испытаниях в процессе поиска неисправностей.

Перспективным направлением устранения отмеченных недостатков представляется повышение уровня интеллектуализации ККПА за счет включения в ее состав интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР). ИСППР представляет собой взаимосвязанную совокупность математических моделей объектов и процессов технического контроля и информационно-расчетных задач, образующих общую информационно-моделирующую среду. Это позволяет эффективно и качественно осуществлять процесс приемочного контроля изделия с учетом неполноты и неопределенности полученной при контроле информации, что в конечном итоге определяет вероятность выполнения полетного задания. Подробнее познакомиться с предлагаемой системой можно в работе [1].

Необходимость проведения прогнозирующего контроля объекта должна определяться по согласованию разработчиков и заказчиков БАСУ при выработке требований к программе обеспечения его надежности, включаемых в контрактные документы (техническое задание, договор и др.). При этом составляется перечень контролируемых параметров, с возможностью его корректировки на основании анализа экспериментальных и экспертных данных. Общая схема проведения прогнозирующего контроля изображена на рис. 1. Рассмотрим его основные этапы.

После проведения тестового контроля средствами ККПА его результаты предварительно преобразовываются в формат базы данных ИСППР. После этого преобразованные данные

измерений обрабатываются модулем качественной оценки параметров контроля, результатом работы которого является присвоение каждому числовому значению критичного параметра с оценкой «годен» семантического названия одного из нескольких классов. Рассмотрим подробнее процедуру качественной оценки значений критичных параметров, характеризующих работоспособность критичных элементов системы. Такая оценка осуществляется классификационной моделью. Поскольку граница между двумя качественными состояниями параметра, имеющего оценку «годен» – нечеткая, размытая, построение классификационной модели предусматривает использование результатов обработки заключений экспертов и анализа имеющихся данных предыдущих испытаний. Для моделирования используется математический аппарат теории нечетких множеств и продукционной системы логического вывода.

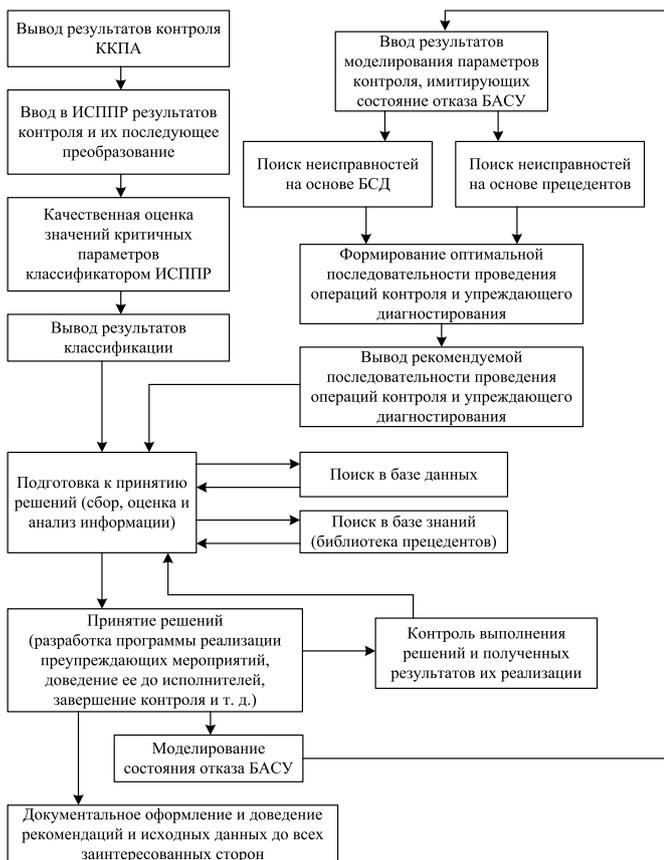


Рис. 1. Структурная схема прогнозирующего контроля БАСУ

Ответственным этапом при ее создании является выбор критичных параметров для прогнозирующего контроля, подлежащих качественной оценке. При выборе таких параметров необходимо оценить:

- взаимосвязь параметра с отказом, влияние которого на качество функционирования БАСУ превосходит допустимый уровень по тяжести возможных последствий, вызывает полный ее отказ или приводит к срыву выполнения поставленной задачи;
- вероятность возникновения функционального отказа, характеризующегося выходом параметра за пределы допустимых значений, за время эксплуатации;
- взаимосвязь параметра с элементами, по которым в момент проведения анализа отсутствуют достоверные данные об их качестве и надежности в рассматриваемых условиях применения и возможных последствиях их отказов.

Модель параметра графически представлена на рис. 2. На интервале $[0, x_{пред}]$ введена лингвистическая переменная «параметр», где $x_{пред}$ – предельно возможное значение параметра x , $x_{опт}$ – оптимальное значение параметра x , $x_{мин}$ и $x_{макс}$ – минимальное и максимальные значения параметра x , являющиеся границами областей гарантированной неработоспособности, $x_{д.мин}$ и $x_{д.макс}$ – минимально и максимально допустимые значения параметра x , по которым проводится их оценка средствами существующего ККПА. Значениями лингвистической переменной являются нечеткие переменные «годен», «не годен меньше», «не годен больше». Диапазон их допустимых значений и вид функции принадлежности определяется экспертным путем, с учетом имеющихся в наличии экспериментальных данных.

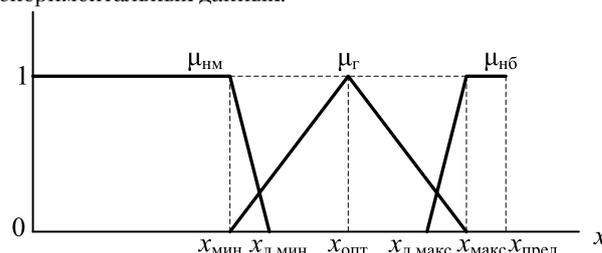


Рис. 2. Функции принадлежности нечетких переменных $\mu_{нм}$ («не годен меньше»), μ_g («годен»), $\mu_{нб}$ («не годен больше»)

Интервалы $[0, x_{мин}]$ и $[x_{макс}, x_{пред}]$ характеризуют области гарантированной неработоспособности, $[x_{мин}, x_{д.мин}]$ и $[x_{д.макс}, x_{макс}]$ – негарантированной работоспособности, $[x_{д.мин}, x_{д.макс}]$ – гарантированной работоспособности.

Такой подход к моделированию параметра является гораздо более естественным, чем традиционное описание с помощью характеристической функции. В этом случае функция принадлежности нечеткой переменной характеризует некоторое свойство параметра. Изменение степени принадлежности в таком случае рассматривается как изменение интенсивности проявления этого свойства.

Для нечеткой переменной «годен» эксперты задают оптимальное количество классов и их семантические наименования. Дискретизация нечеткой переменной на четкие множества $(A_{\alpha_1}, A_{\alpha_2}, A_{\alpha_3}, A_{\alpha_4}, A_{\alpha_5})$ производится на основе заданных экспертом значений α -уровней функции принадлежности, которые являются количественной характеристикой степени выраженности свойства «годен» отдельными значениями контролируемого параметра. Зафиксированные пять α -уровней функции принадлежности для параметра «ток контрольного детектора», показаны, в качестве примера, на рис. 3 горизонтальными линиями.

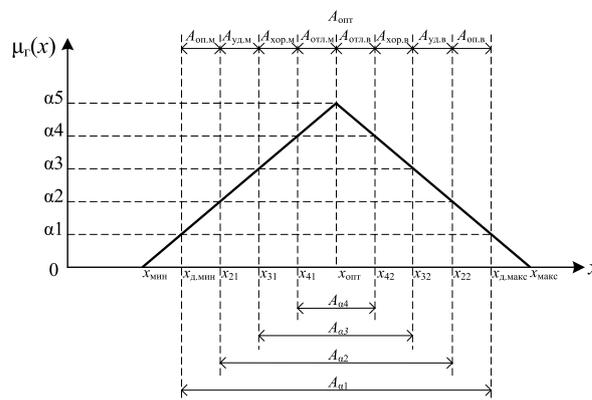


Рис. 3. Графическое представление α -уровней функции принадлежности нечеткой переменной «годен»

Опорные значения границ, указанных выше множеств, определяются по формуле, описывающей функцию принадлежности. Классификация производится на основе сформу-

лированного опытными специалистами следующего набора производственных правил:

Правило 1: ЕСЛИ $\langle x \in A_{оп.м} \rangle$, ТО « x есть опасно мало»,

Правило 2: ЕСЛИ $\langle x \in A_{оп.в} \rangle$, ТО « x есть опасно велико»,

Правило 3: ЕСЛИ $\langle x \in A_{уд.м} \rangle$, ТО « x есть удовлетворительно мало»,

Правило 4: ЕСЛИ $\langle x \in A_{уд.в} \rangle$, ТО « m есть удовлетворительно велико»,

Правило 5: ЕСЛИ $\langle x \in A_{хор.м} \rangle$, ТО « x есть хорошо мало»,

Правило 6: ЕСЛИ $\langle x \in A_{хор.в} \rangle$, ТО « x есть хорошо велико»,

Правило 7: ЕСЛИ $\langle x \in A_{отл.м} \rangle$, ТО « x есть отлично мало»,

Правило 8: ЕСЛИ $\langle x \in A_{отл.в} \rangle$, ТО « x есть отлично велико»,

Правило 9: ЕСЛИ $\langle x \in A_{онт} \rangle$, ТО « x есть отлично оптимально».

Классификация критичных параметров позволяет оценить степень отклонения измеряемого параметра от номинала и тем самым получить более глубокую оценку технического состояния системы. Таким образом, процесс обработки результатов контроля усложняется и становится двухступенчатым. Автоматизация процесса интерпретации результатов контроля позволяет их визуализировать на экране монитора в удобном для анализа и принятия решений виде, сохранив семантическую достоверность экспертных оценок.

Дополнительно для анализа привлекается информация из базы данных ИСППР о контрольных измерениях, произведенных ранее в данной системе, в процессе ее регулировки и испытаний. Это позволяет проследить наличие, направление и скорость перемещения значения параметров состояния в области допустимых значений к ее границе. Еще одним источником контрольно-диагностической информации является библиотека прецедентов, входящая в базу знаний ИСППР. Прецедент представляет собой модуль знаний, описывающий некоторый случай, имевший место в прошлом при функционировании БАСУ и состоящий в самом общем виде из задачи (измерительной информации, описывающей состояние отказа) и решения (диагноза и рекомендаций). Структура и характеристики прецедента и библиотеки прецедентов, основные процессы поиска решения на основе прецедентов при диагностировании БАСУ подробно рассмотрены в работах [2,3].

Анализ выполняется с целью выяснения необходимости проведения предупреждающих мероприятий. Исследование включает рассмотрение следующих задач:

- определение наличия, направления и скорости перемещения значений параметров состояния в области допустимых значений к их границам на основе измерений, произведенных в период приработки данной системы;
- изучение данных имеющейся статистики отказов;
- выявление косвенных диагностических признаков проявлений неисправности посредством визуального и органолептического контроля: световых и звуковых сигналов, изменений температуры, показаний измерительных приборов, повреждений элементов, изоляции, некачественного соединения разъемов и др.;
- оценка правильности работы обслуживающего персонала, ее соответствие требованиям нормативных инструкций;
- оценка возможности идентификации неисправностей на основе использования ремонтно-эксплуатационной документации (таблицы возможных неисправностей и рекомендаций по действиям при их возникновении);
- оценка возможности проведения предупреждающей настройки, дополнительной регулировки, отладки взаимодействия составных частей в составе БАСУ без ее разборки.

Если в результате анализа состояния технической системы оказалось, что значение одного из критичных параметров находится в опасной близости к границе допуска, то принимается решение о проведении предупреждающего диагностирования. Для этого моделируют (имитируют) средствами ИСППР

отказ системы по данному параметру, присваивая ему семантическую оценку «не годен». Затем модифицированная последовательность результатов контроля поступает на модули поиска неисправностей, которые формируют оптимальную последовательность диагностирования.

Для решения этой задачи был выбран подход, основанный на синергетической комбинации двух методов теории искусственного интеллекта, копирующих и моделирующих рассуждения высококвалифицированных специалистов при поиске неисправностей. Они представляют разные концепции представления и обработки знаний. Это позволяет эффективно использовать их преимущества и в то же время преодолевать некоторые недостатки. Один из методов основан на использовании математического аппарата байесовских сетей доверия (БСД). Он дает возможность моделирования редких событий и довольно продуктивен при необходимости учета априорных суждений экспертов, а также в условиях отсутствия достаточного объема статистических данных. Вывод на основе прецедентов позволяет решить новую задачу поиска неисправности, используя или адаптируя решение уже известной задачи, а прецедентный подход – за короткое время находить решение, но только при наличии прецедентов (опыта). Следует заметить, что поиск возможных неисправностей на основе таких моделей и специального алгоритма обработки информации способствует расширению функциональных возможностей ККПА за счет повышения разрешающей способности диагностирования. Подробное описание этого комбинированного метода можно найти в работе [4].

Результаты поиска оптимальной последовательности проведения операций контроля и предупреждающего диагностирования, представленные в виде ранжированного списка возможных неисправных составных частей БАСУ, являются исходными данными для анализа, разработки программы реализации предупреждающих мероприятий и последующего принятия решений. Такая программа содержит указания на последовательность действий, используемые методы и технические средства, исполнителей и сроки проведения, учитывая конкретные условия и обстоятельства. После утверждения программы лицом, принимающим решения, ее доводят до исполнителей.

Контроль выполнения принятых решений и полученных результатов их реализации осуществляется представителем заказчика совместно с представителями отдела контроля качества предприятия-изготовителя. В процессе выполнения программы действий возможна его коррекция. Например, вместо предупреждающей настройки, дополнительной регулировки, отладки взаимодействия составной части в составе БАСУ может быть произведена ее замена. По окончании выполнения всех предусмотренных программой мероприятий проводятся анализ и оценка соответствия результатов выполненных действий поставленным целям. В случае их положительной оценки принимается решение о завершении предупреждающего диагностирования.

Содержанием последнего этапа прогнозирующего контроля является документальное оформление, сохранение в базе данных ИСППР и доведение рекомендаций и исходных данных до всех заинтересованных сторон: производителей, разработчиков и эксплуатирующих организаций заказчика.

Собранная информация оформляется в виде протокола результатов прогнозирующего контроля и содержит:

- основные данные по БАСУ и его составной части, находившейся в предотказном состоянии (наименование, заводской номер, дата изготовления, наработка, номер чертежа (схемы), номер позиции на схеме);
- характеристику предотказного состояния (наименование проверки и критичного параметра, результаты всех тестовых проверок с момента первого включения изделия,

описание косвенных диагностических признаков проявления неисправности);

– описание характера потенциальной неисправности (производственный, конструктивный, отказ комплектующего изделия), ее повторяемость и причина возникновения;

– описание выполненных работ (содержание и порядок выполнения мероприятий по устранению и предупреждению причины потенциальной неисправности, примененные методики, средства испытаний, измерений и контроля, используемые ресурсы, полученные результаты);

– рекомендации по предотвращению повторяемости потенциальных отказов, устранению и предупреждению причин появления потенциальных неисправностей в изделии (предложения по совершенствованию конструкции, технологии изготовления, правил эксплуатации и т. п.);

– рекомендации эксплуатирующим организациям (предложения о включении потенциально ненадежных узлов и составных частей в перечень особого контроля при техническом обслуживании системы, об оптимизации номенклатуры и количества запасных частей, узлов, материалов, о сроках проведения регламентного контроля).

ВЫВОДЫ

Расширение функциональных возможностей технологической системы приемочного контроля за счет применения прогнозирующего контроля критических параметров позволяет повысить ее эффективность. Рассмотренная технология предполагает использование наряду с классическими под-

ходами и новых интеллектуальных методов, позволяющих качественно контролировать параметры изделия с учетом неполноты и неопределенности полученной при контроле информации. Изложенные научно-методические принципы могут быть использованы при технологическом проектировании систем контроля и диагностирования, применяемых на различных этапах жизненного цикла как БАСУ, так и аналогичных сложных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов В. А.* Современный подход к совершенствованию технологических систем контроля и диагностирования сложных технических объектов. – Сб. тр. Всерос. науч.-техн. конфер. «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения». Ч. II/Под общ. ред. В. В. Алейника, К. Е. Легкова, В. Д. Боева и др.; ответст. за выпуск: С. В. Чернышев. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2013, с. 216–220.
2. *Ларин В. П., Смирнов В. А.* Методика формирования моделей прецедента и библиотеки прецедентов для принятия решений в системе приемочного контроля сложных технических объектов // Изв. ГУАП. Аэрокосмическое приборостроение. – Вып. 4./ – 2013. С. 34–40.
3. *Смирнов В. А.* Прецедентный подход к построению моделей процесса поиска неисправностей при диагностировании сложных технических систем. Т-Comm // Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7. – № 6. – С. 73–78.
4. *Подоплекин Ю. Ф., Смирнов В. А.* Комбинированный метод диагностирования бортовых систем управления в технологии приемочного контроля // Морской вестник. – 2014. – № 1 (49). – С. 79–82. ■

ВВЕДЕНИЕ

Качественное управление движением судами при развитом морском волнении невозможно без полной и точной информации как о параметрах движения самого судна, так и о параметрах внешних возмущений. Такая информация, как отмечалось в работе [1], может быть получена с помощью алгоритмов фильтрации, использующих интегральные невязки в обратной связи. Данный алгоритм, в отличие от калмановских алгоритмов, позволяет получать несмещенные оценки фазовых координат судна даже в случае действия неизвестных низкочастотных возмущений [2,3]. Кроме этого, данный алгоритм позволяет получать также оценки самих возмущений, которые могут быть использованы в законах управления. В работе [4] рассматривалась возможность использования данных алгоритмов при действии медленноменяющихся возмущений.

В данной статье предложены алгоритмы управления движением судна, использующие оценки фазовых координат и внешних возмущений, позволяющие повысить качество и точность управления судном в условиях развитого морского волнения, а также предложен подход, позволяющий компенсировать отрицательное воздействие ветроволновых возмущений.

1. МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

В работе в качестве модели объекта управления рассмотрена линейная модель судна при действии неизвестных ветроволновых возмущений:

$$\dot{x} = Ax + Bu + F + w, \quad (1)$$

где $x = (V_z, \omega_y, \varphi)^T$ – вектор фазовых координат, причем V_z, ω_y – линейная и угловая скорости судна; φ – курс судна, u – управляющее воздействие; $F = (P, M)^T$ – вектор внешних возмущений (сила P и момент M), действующих на судно; $w = (w_V, w_\omega, w_\varphi)^T$ – векторный случайный гауссовский процесс

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВОЗМУЩЕНИЙ

*Л. М. Клячко, д-р техн. наук, ген. директор ЦНИИ «Курс»,
Н. Н. Тарасов, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
Г. Э. Острецов, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова,
контакт. тел. 8 (495) 334 9220, 353 6273*

с нулевым средним и известной ковариационной матрицей; A, B – зависящие от скорости хода судна вида

$$A = \begin{pmatrix} a_{11}V_x & a_{12}V_x & 0 \\ a_{21}V_x & a_{22}V_x & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \text{ и } B = \begin{pmatrix} b_{11}V_x^2 \\ b_{22}V_x^2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

В качестве измеряемых координат в работе рассмотрены линейная и угловая скорости, а также угол курса. С достаточной степенью точности математическая модель системы измерения представляется в виде [5]

$$y = Cx + \xi, \quad (2)$$

где $C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица наблюдений; $y = (y_{Vz}, y_{\omega_y}, y_{\varphi})^T$

– вектор измерений координат движения; $x = (V_z, \omega_y, \varphi)^T$ – вектор фазовых координат, $\xi = (\xi_{Vz}, \xi_{\omega_y}, \xi_{\varphi})^T$ – случайная векторная помеха измерения с известными статистическими характеристиками.

Входящие в модель движения судна внешние возмущения можно представить как совокупность медленноменяющихся F_m и ветроволновых F_b воздействий:

$$F = (P, M)^T = F_m + F_b \quad (3)$$

А. Медленноменяющиеся (постоянно действующие) возмущения. Такие возмущения описываются уравнениями вида [2]

$$\dot{F}_m = \zeta_m, \quad (4)$$

где ζ_m – случайный процесс, характеризующий изменение в медленноменяющемся входном возмущении.

Б. Волновые возмущения F_b задаются как совокупность гармоник со своими амплитудами, частотами и случайными фазами, которые, в свою очередь, зависят от балльности моря, скорости хода судна, курсового угла к волне и определяются, как правило, по данным натурных испытаний:

$$F_{by} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{f_{yi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{f_{yi}}), M_{bz} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{m_{zi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{m_{zi}});$$

$$F_{bz} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{f_{zi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{f_{zi}}), M_{by} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{m_{yi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{m_{yi}}), \quad (5)$$

где $\alpha_{f_{yi}}, \alpha_{f_{zi}}, \alpha_{m_{zi}}, \alpha_{m_{yi}}, K_b$ – параметры, получаемые, как правило, экспериментальным путем; ω_i – частоты колебаний; $\varphi_{f_{yi}}, \varphi_{f_{zi}}, \varphi_{m_{zi}}, \varphi_{m_{yi}}$ – случайные начальные фазы колебаний.

2. АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ С ИНТЕГРАЛЬНЫМИ НЕВЯЗКАМИ

Для получения оценок фазовых координат $x = (V_z, \omega_y, \phi)^T$ объекта (1) по измерениям (2), как правило, пользуются фильтром Калмана, который в общем случае имеет вид

$$\dot{x} = Ax + Bu + K_0(y - Cx),$$

где коэффициенты усиления $K_{ij}, i=1,3, j=1,3$, определяются из уравнения Риккати $\dot{P} = AP + PA^T - PC^T R^{-1} CP + Q$, причем $K_0 = (K_{ij}) = PC^T R^{-1}$.

Данный алгоритм позволяет получать несмещенные оценки фазовых координат только в случае, когда матрица состояния модели A достоверна, а внешние воздействия и помехи измерения представляют собой случайные гауссовские процессы с известными статистическими характеристиками. При этом невязка $v = y - C\hat{x}$, представляет собой центрированный случайный процесс. При неточной информации о параметрах модели или внешних возмущающих воздействиях эта невязка перестает быть центрированной.

Для устранения этой ошибки и повышения качества оценок в работах [1, 3] предложен алгоритм, включающий в обратную связь не только текущие невязки измеряемых координат $v = y - C\hat{x}$, но и накапливаемые интегральные невязки. В этом случае алгоритм фильтрации примет вид

$$\dot{x} = Ax + Bu + K_0(y - Cx) + F. \quad (6)$$

При этом оценка внешних возмущений $x = (V_z, \omega_y, \phi)^T$ представляется в виде суммы интегральных невязок

$$F = \sum_{i=1}^n F_i = K_1 \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 + K_2 \iint (y - C\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 + \dots +$$

$$+ K_n \int \dots \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 \dots d\tau_n,$$

где коэффициенты усиления $K_i, i=1, n$ выбирались методом моделирования. качество оценок внешних возмущений зависит от количества слагаемых в последнем выражении.

3. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ

В качестве законов управления рассматривались как линейные законы управления вида

$$\dot{u} = \sigma - u, \quad (7)$$

так и описываемые в виде нелинейных дифференциальных уравнений

$$\dot{u} = f(\sigma) - u, \quad (8)$$

где функция $f(\sigma)$ описывается как

$$f(\sigma) = \begin{cases} 0, & \text{if } |\sigma| < \sigma_0; \\ du_0(\sigma - \sigma_0) / (\sigma_1 - \sigma_0), & \text{if } \sigma_0 \leq \sigma \leq \sigma_1; \\ du_0, & \text{if } \sigma > \sigma_1; \\ du_0(\sigma + \sigma_0) / (\sigma_1 - \sigma_0), & \text{if } -\sigma_1 \leq \sigma \leq -\sigma_0; \\ -du_0, & \text{if } \sigma < -\sigma_1, \end{cases}$$

где u – управляющее воздействие; du_0 определяет скорость кладки руля; σ_j – известные величины.

Если $u > u_{\max}$, то $u = u_{\max}$. Если же $u < u_{\min}$, то $u = u_{\min}$.

Величина σ , как правило, определяются следующим образом:

$$\sigma = k_x x - u = k_\phi(\phi - \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{V_z} V_z - u, \quad (9)$$

где $k_x = (k_\phi, k_{V_z})^T$ – постоянные величины.

Данный закон управления нормально работает только при отсутствии внешних возмущений. В случае же развитого морского волнения этот закон управления не позволяет достигать требуемого качества. Для устранения этого недостатка в работе предложен алгоритм управления, компенсирующий неизвестные возмущения. Этот алгоритм основан на использовании оценок сил P и моментов M , получаемых с помощью алгоритма фильтрации (6). При этом величина σ задается в виде

$$\sigma = k_x x + k_f F - u = k_\phi(\phi - \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{V_z} V_z + k_p P + k_M M - u, \quad (10)$$

где неизвестные коэффициенты k_p и k_M , зависящие от продольной скорости V_x , определяются в процессе плавания с помощью предложенных в работе алгоритмов идентификации.

На рис. 1 представлена структурная схема системы управления движением судна при действии неизвестных ветровых возмущений, включающая в себя схему фильтрации координат судна, схему восстановления внешних возмущений и блок оценивания коэффициентов усиления регулятора в реальном времени.

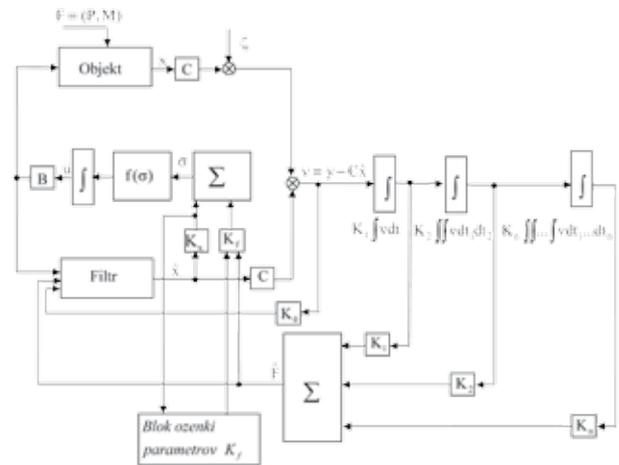


Рис. 1. Структурная схема системы управления судном с подстройкой коэффициентов регулятора

4. ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСИЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРА

Если коэффициенты k_ϕ и k_ω можно определить традиционными методами управления, то для определения коэффициентов $K_f = (k_p, k_M)^T$ используем методы идентификации. Для этого рассмотрим следующее выражение:

$$P_i k_p + M_i k_M = (P_i \ M_i) \begin{pmatrix} k_p \\ k_M \end{pmatrix} = z_i,$$

где $i=1,2,3,\dots$

Наблюдения $z_i = k_x x_i + n_i = k_\phi(\phi_i - \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{V_z} V_{zi} + n_i$ определяются оценками координат движения судна в i момент времени, n_i – случайные гауссовские процессы с нулевыми средними и известными ковариационными функциями.

Предположим, что проведено $i-1$ измерение, так что система содержит $i-1$ скалярное уравнение $Z_{i-1} = A_{i-1} K_{f,i-1} + n_{i-1}$. Проведя очередное измерение в i момент получим $Z_i = A_i K_{f,i+1} + n_i$, где $Z_i = (Z_{i-1}, z_i)^T$, $A_i = (A_{i-1}, a_i^T)^T$, $n_i = (n_{i-1}, n_i)^T$. В работе [6] показано, что оценки искомых коэффициентов определяются в виде

$$K_{f,i-1} = P_{i-1} A_{i-1}^T Z_{i-1}^{-1} K_{f,i} = P_i A_i^T Z_i^{-1},$$

где $P_i = (A_i^T A_i)^{-1}$. Однако использование данных формул нецелесообразно из-за большой размерности матриц A_i .

Легко показать, что данные выражения можно представить в виде

$$P_{i+1} = P_i - P_i a_i^T (a_i^T P_i a_i + 1)^{-1} a_i^T P_i; K_{f,i+1} = K_{f,i} + P_{i+1} a_i (z_i - a_i^T K_{f,i}) \quad (11)$$

С начальными условиями $K_{f,0} = 0, P_0 = c^2 E, c^2 \rightarrow 0$.

В скалярной форме выражение (11) записывается в виде следующих выражений

$$k_{p,i+1} = k_{p,i} + (P_{11,i+1} \hat{P}_i + P_{12,i+1} \hat{M}_i)(z_i - P_i k_{p,i} - M_i k_{m,i});$$

$$k_{m,i+1} = k_{m,i} + (P_{12,i+1} \hat{P}_i + P_{22,i+1} \hat{M}_i)(z_i - P_i k_{p,i} - M_i k_{m,i});$$

$$P_{11,i+1} = P_{11,i} - (P_{11,i} \hat{P}_i + P_{12,i} \hat{M})^2 / \Delta_i;$$

$$P_{12,i+1} = P_{12,i} - (P_{11,i} \hat{P}_i + P_{12,i} \hat{M})(P_{12,i} \hat{P}_i + P_{22,i} \hat{M}) / \Delta_i;$$

$$P_{22,i+1} = P_{22,i} - (P_{12,i} \hat{P}_i + P_{22,i} \hat{M})^2 / \Delta_i;$$

где $\Delta_i = P_{11,i} \hat{P}_i^2 + P_{12,i} \hat{P}_i \hat{M} + P_{22,i} \hat{M} + 1;$

$$z_i = k_\phi(\phi, \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{vz} V_z - u.$$



Рис. 2. Блок оценки коэффициентов регулятора k_p и k_m

В начальный момент используется закон управления (9) $\sigma = k_\phi(\phi - \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{vz} V_z - u$, а после того, как коэффициенты K_f установятся, т.е. после выполнения условий $|k_{p,i} - k_{p,i-1}| \leq \epsilon_p, |k_{m,i} - k_{m,i-1}| \leq \epsilon_m$, процесс оценивания прекращается, а вместо закона управления (9) подключается закон (10): $\sigma = k_\phi(\phi - \phi_{zad}) + k_\omega \omega + k_{vz} V_z + k_p P + k_m M - u$.

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ

В качестве объекта управления рассматривалась модель гидрографического судна «Сибиряков», описываемая системой (1) – (2). В качестве внешних возмущений использовалась совокупность медленноменяющихся и ветроволновых возмущений (3) – (5). Для оценки фазовых координат и внешних возмущений рассматривался алгоритм фильтрации (6). В качестве законов управления рассматривались как линейный (7), так и реальный (8) регуляторы без компенсации (9) и с компенсацией (10) внешних воздействий и возмущений.

Невязка $v = y - Cx$ в обратной связи позволяет, с одной стороны, сгладить входной сигнал $y = Cx + \xi$, а, с другой – получать оценки неизвестных внешних возмущения $F = (P, M)^T$. Подавая эти оценки на модель рассматриваемого фильтра, получаем модель адекватную реальному объекту управления. При этом система управления становится эквивалентной системе с нулевыми внешними возмущениями, а это, в свою очередь, позволяет использовать типовые законы управления.

На рис. 3 и 4 представлены оценка ϕ , заданное значение ϕ_{zad} курса судна и руля u при действии внешних возмущений, а также оценка возмущений $F = (P, M)^T$ и ее ошибка $\Delta P = P - \hat{P}$ с использованием идеального регулятора (7) без коррекции внешних возмущений (9) и с коррекцией (10).

Из рисунков видно, что введение в регулятор слагаемых, компенсирующих внешние возмущения, позволяет существенно повысить точность управления судном за счет повышения качества получаемой информации.

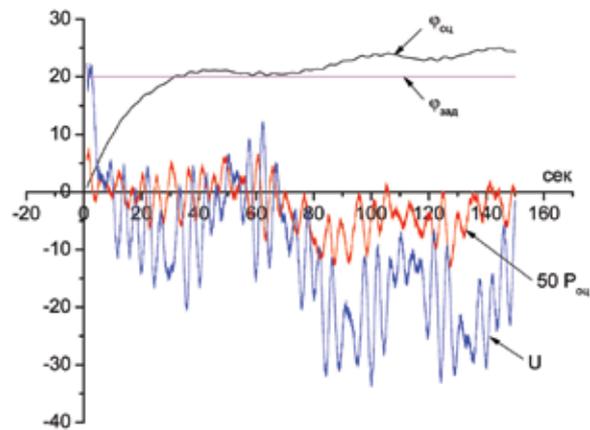


Рис. 3. Оценка курса ϕ , заданное значение курса ϕ_{zad} , руль u , оценка силы P и ее ошибка ΔP с регулятором без компенсации $F = (P, M)^T$.

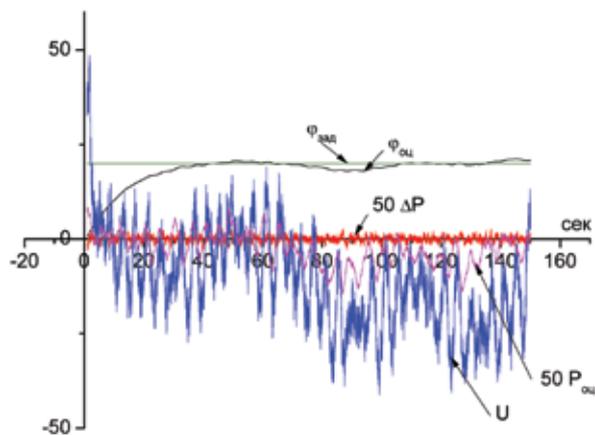


Рис. 4. Оценка курса ϕ , заданное значение курса ϕ_{zad} , руль u , оценка силы P и ее ошибка ΔP с регулятором компенсирующим $F = (P, M)^T$.

На рис. 5, 6 приведены параметры движения судна – ϕ, ϕ_{zad} и руль u в случае отсутствия внешних возмущений ($P = 0, M = 0$) с использованием регулятора без коррекции внешних возмущений (9) и с регулятором, компенсирующим внешние возмущения (10).

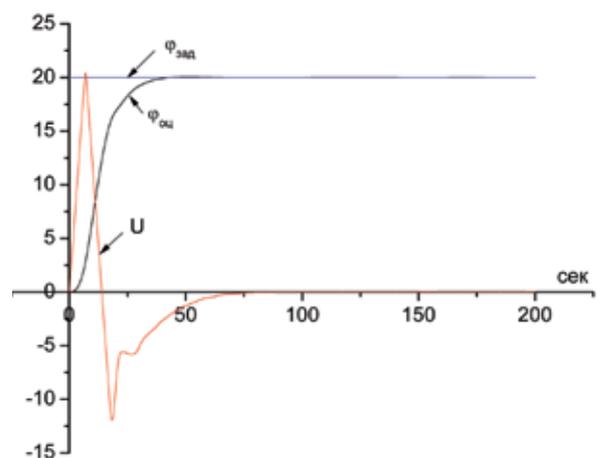


Рис. 5. Оценка курса ϕ , заданное значение курса ϕ_{zad} , руль u при $P = M = 0$ с применением фильтра Калмана

Из рисунков видно, что введение в фильтр Калмана дополнительных интегральных невязок в случае отсутствия внешних возмущений практически не влияет на результаты моделирования, что, в свою очередь, говорит об устойчивости фильтра с интегральными невязками.

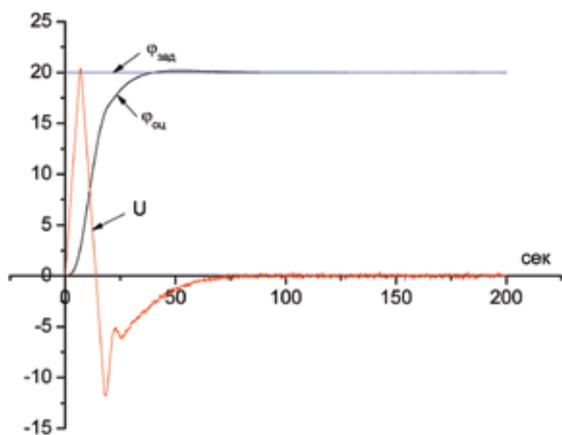


Рис. 6. Оценка курса φ , заданное значение курса $\varphi_{зад}$, руль u и ошибка $-\Delta P$, при $P = M = 0$ с применением фильтра с интеграторами

На рис. 7 и 8 представлены аналогичные параметры движения судна $\varphi, \varphi_{зад}$ и руль u , в случае действия возмущений (3) – (5), а также оценки этих возмущений P и их ошибки $-\Delta P = P - \hat{P}$ с использованием регулятора без коррекции внешних возмущений (9) и с коррекцией (10) для реального регулятора.

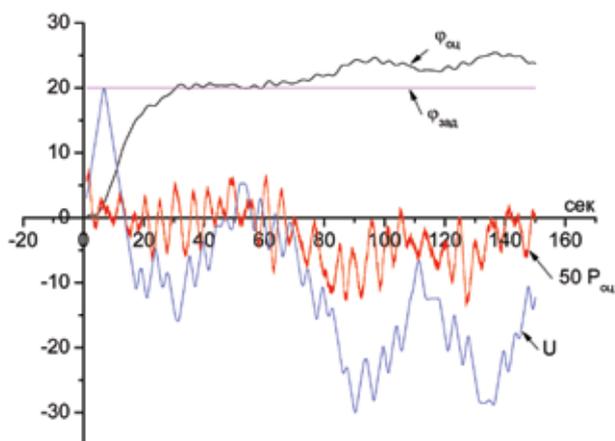


Рис. 7. Оценка курса φ , заданное значение курса $\varphi_{зад}$, руль u , оценка силы P и ее ошибка ΔP с регулятором без компенсации $F = (P, M)^T$

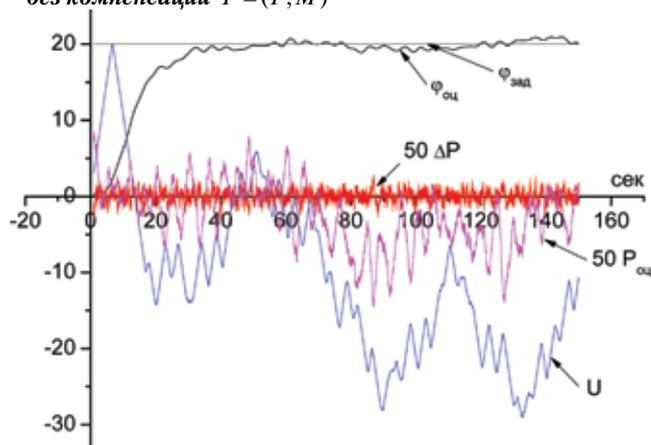


Рис. 8. Оценка курса φ , заданное значение курса $\varphi_{зад}$, руль u , оценка силы P и ее ошибка ΔP с регулятором компенсирующим $F = (P, M)^T$

Из рисунков видно, что введение в реальный регулятор, так же как и в случае идеального регулятора слагаемых, ком-

пенсирующих внешние возмущения, позволяет существенно повысить качество получаемой информации о движении судна а также повысить точность управления.

На рис. 9 приведены значения коэффициентов k_p и k_M , входящие в регулятор (10), при скорости движения $V_x = 5$ м/с, а также величина $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_{зад}$. Аналогичные результаты получаются и при других скоростях движения.

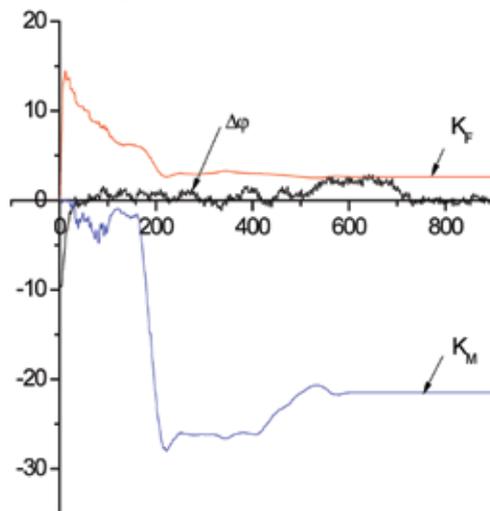


Рис. 9. Коэффициенты k_p и k_M и невязка $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_{зад}$

Из рис. 9 видно, что до определенного момента происходит настройка коэффициентов k_p и k_M и ошибка $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_{зад}$ отлична от нуля. В момент включения алгоритма управления (10) ошибка $\Delta\varphi$ близка к нулю, что говорит о правильном выборе коэффициентов k_p и k_M .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана возможность восстановления не только не измеряемых координат движения, но и неизвестных ветроволновых возмущений благодаря использованию алгоритмов фильтрации с интегральными невязками.

Предложены алгоритмы управления, использующие полученные оценки внешних возмущений, позволяющие повысить точность управления движением судна при наличии сильных внешних возмущений.

Предложена методика оценивания коэффициентов в законах управления компенсирующих неизвестные возмущения.

Выполненное моделирование подтверждает эффективность использования предлагаемых законов управления при действии неизвестных внешних возмущений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов Н.Н., Тахтамышев М.Г. Алгоритмы получения несмещенных оценок при действии неизвестных внешних возмущений // Проблемы управления. – 2012 г. – № 6. – С. 69–74.
2. Клячко Л.М., Тарасов Н.Н., Острецов Г.Э. Использование акселерометров при идентификации параметров математической модели движения судна // Морской вестник. – 2013. – № 4 – С. 85–88.
3. Острецов Г.Э., Тарасов Н.Н. Управление кораблем при действии внешних возмущений с использованием интегральных невязок // Судостроение. – 2013. – № 6.
4. Острецов Г.Э., Тарасов Н.Н. Способ управления с компенсацией внешних возмущений. – Патент RU № 2492105 // Б.И. – 2013. – № 29.
5. Евланов Л.Г. Контроль динамических систем. – М., Наука, 1979.
6. Стилс К., Браун Р., Гудвин Дж. Теория управления. – М., Мир, 1973. ■

Можно смело утверждать, что в настоящее время отечественные потребители систем компенсации корабельных магнитных полей, а этими потребителями являются проектные бюро и судостроительные корпорации, не испытывают недостатка в предложениях о поставке таких систем для кораблей большого, среднего и малого водоизмещения. На рынке этих систем присутствует несколько производственных фирм-разработчиков, обеспечивающих серийные поставки современного оборудования в достаточном количестве. Следует отметить, что разные фирмы-поставщики подобного оборудования исповедуют различные подходы к реализации структур систем компенсации магнитных полей, их приборному составу, наличию или отсутствию основных и сервисных функций, элементной базе, но, как бы то ни было, рынок спроса хорошо сбалансирован рынком предложений. Среди этих предприятий, имеющих свою нишу по производству современных систем компенсации магнитных полей, уже более 50 лет работает ОАО «НПФ «Меридиан» [1], успешно обеспечивая комплексную поставку самого современного оборудования на большое количество проектов.

Однако, если в сегменте поставок новейших систем компенсации магнитных полей для кораблей большого, среднего и малого водоизмещения картина выглядит в целом благополучной, то с кораблями-«малышами» дело обстоит совершенно по-другому. В эту группу следует отнести корабли на воздушной подушке и воздушной каверне, а также корабли-экранопланы. Типичными представителями отечественных кораблей данного класса являются:

- десантный катер пр. 11770 «Серна»;
- десантный катер пр. 21820 «Дюгонь»;
- десантный катер на воздушной подушке пр. 12061 «Мурена»;
- десантный катер на воздушной подушке (ВП) пр. 12322 «Зубр»;
- транспортно-десантный экраноплан пр. 904 «Орленок»;
- ракетный корабль-экраноплан пр. 903 «Лунь» (рис. 1–6).



Рис. 1. Пр. 11770 «Серна»



Рис. 2. Пр. 21820 «Дюгонь»



Рис. 3. Пр. 12061 «Мурена»



Рис. 4. Пр. 12322 «Зубр»



Рис. 5. Пр. 904 «Орленок»



Рис. 6. Пр. 903 «Лунь»

СИСТЕМЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ДЛЯ «МАЛЫШЕЙ» ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ КОРАБЛЕЙ СВЕРХМАЛОГО ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ. КОРАБЛЕЙ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ, ВОЗДУШНОЙ КАВЕРНЕ И КОРАБЛЕЙ-ЭКРАНОПЛАНОВ

Б. Ю. Семенов, гл. конструктор, начальник сектора ОАО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375, доб. 134

В настоящее время активизированы работы по строительству кораблей на воздушной каверне и воздушной подушке. Строительство боевых кораблей-экранопланов сегодня не ведется, а сохранившиеся с прежних времен единичные образцы заняли свое место в музейных экспозициях. Тем не менее актуальность возрождения отечественного экранопланостроения стремительно нарастает, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в специальных изданиях и публично высказываемые мнения военных.

При кажущейся относительной простоте структуры и ограниченном наборе функций управления аппаратурой компенсации магнитных полей для кораблей представленных классов в действительности все обстоит далеко не так просто. Характерной чертой кораблей-«малышей» являются жесткие ограничения по массе и габаритам устанавливаемой аппаратуры. Если на крупных кораблях под установку аппаратуры компенсации магнитных полей, как правило, выделяется отдельное просторное помещение, то на кораблях-«малышах» для аппаратуры приходится искать место в ограниченном пространстве. То же самое можно сказать и про массу аппаратуры: при повышенных требованиях к прочностным характеристикам, на показатели массы изделий накладывают столь жесткие ограничения, что они приводят к необходимости отказа от традиционных – «корабельных» – методов проектирования и заставляют обращать внимание на решения, близ-

кие к авиационным. Особенно сказанное относится к кораблям-экранопланам как представителям «летающего сообщества», где несоблюдение жестких требований по массогабаритным показателям может привести не только к ухудшению тактических характеристик заказов в целом, а и просто к невозможности их эксплуатации.

Следует признать, что сегодня на рынке аппаратуры компенсации магнитных полей для кораблей рассматриваемых классов отсутствуют полностью законченные серийные разработки, отвечающие современным требованиям, предъявляемым как к массогабаритным показателям, так и к функциям управления. Разработанная НПФ «Меридиан» в середине 70-х гг. XX в. аппаратура «КАДМИЙ-Р» и поставляемая в настоящее время другим предприятием, ориентирована на использование аналоговых межприборных интерфейсов и электромашинных управляемых источников тока обмоток размагничивания, производство которых в нашей стране практически прекращено. Кроме этого, аппаратура «КАДМИЙ-Р» достаточно громоздка и не может обеспечить качественную компенсацию вихревых составляющих магнитного поля кораблей при быстро меняющихся составляющих курса, крена и дифферента.

Еще один недостаток – отсутствие комплексной поставки всего спектра оборудования для формирования проектантом законченной системы. Данная аппаратура включает только источники информации (преобразователи индукции магнитного поля Земли) и приборы управления электромашинными усилителями, которые, к слову, в комплект поставки тоже не входят и заказываются отдельно. Таким образом, задачи подачи питания на составные части аппаратуры, защиты корабельной сети от коротких замыканий, контроля токов в обмотках, проверки сопротивления изоляции целиком ложатся на проектанта-разработчика щита питания и управления. Именно поэтому, учитывая уровень развития минного оружия на момент создания аппаратуры «КАДМИЙ-Р», корабли на воздушной подушке и воздушной каверне включали в свой состав самые примитивные комплексы этой аппаратуры, а от использования аппаратуры компенсации магнитных полей в составе кораблей-экранопланов на том этапе решено было отказаться вообще.

Сегодняшние образцы минного оружия могут поражать не только тихоходные цели после их обнаружения, но также обнаруживать и при необходимости догонять быстрые корабли, коими и являются корабли на воздушной каверне, воздушной подушке и корабли-экранопланы. Поэтому оснащение этих кораблей

современной аппаратурой компенсации магнитных полей становится не только важной, но и просто необходимой задачей. Особенно интересным и важным для развития систем компенсации магнитных полей может оказаться опыт их использования в составе кораблей-экранопланов.

Учитывая наличие перспектив применения новой аппаратуры и актуальность решения этих задач, специалисты, работающие над созданием систем компенсации электромагнитных полей и силовой преобразовательной техники ОАО «НПФ «Меридиан» по заданию ОАО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексеева» проработали облик аппаратуры компенсации магнитных полей для десантных кораблей на воздушной каверне, о результатах которой рассказывается ниже.

В основу проработки положен анализ технических решений, примененных в серийных комплексах изделия АМК-51. Данная аппаратура, предназначенная для кораблей среднего и малого водоизмещения, включает в себя:

а) щит, состоящий из трех отдельных секций:

– коммутационно распределительную секцию (ППР), обеспечивающую первичное питание комплекса от бортовой сети и ее распределение внутри комплекса;

– управляющую секцию (УКИ), обеспечивающую формирование управляющего сигнала в заданной функции, подключение и коммутацию обмоток, дистанционное включение статических преобразователей, сигнализацию о неисправности и другие функции;

– контрольную секцию (КЩ), устанавливаемую в помещении БЧ-1 и предназначенную для контроля токов в обмотках ДУ, а также таких параметров задающего сигнала, как географические координаты и величины МПЗ;

б) одноканальные статические преобразователи (СРТ) номинальной мощностью 4 кВт, 8 кВт или 12 кВт;

в) разделительный трансформатор типа ТСЗМ.

Общая масса комплекса в приведенном исполнении составляет 750 кг, что вполне устраивает проектантов средних и малых кораблей, но совершенно не подходит для рассматриваемых в этой статье типов проектов.

Для решения задачи была принята следующая концепция уменьшения числа составных частей при безусловном сохранении принципа комплексной поставки оборудования, а именно:

– составные части секций ППР и УКИ объединены в единый прибор СУР с исключением избыточных элементов;

– секция КЩ исключена ввиду ее неэффективности в процессе эксплуатации;

– разработан единый прибор ПУР, включающий в себя три статических преобразователя мощностью 0,5 кВт и 1,2 кВт для проектов разных водоизмещений;

– исключен из комплектации поставки разделительный трансформатор ТСЗМ ввиду того, что преобразователи, входящие в состав прибора ПУР, имеют встроенную гальваническую развязку с нагрузкой.

Возможность объединения секций ППР и УКИ в один прибор обусловлена рядом следующих функциональных ограничений, не являющихся обязательными в процессе эксплуатации, а именно отсутствием:

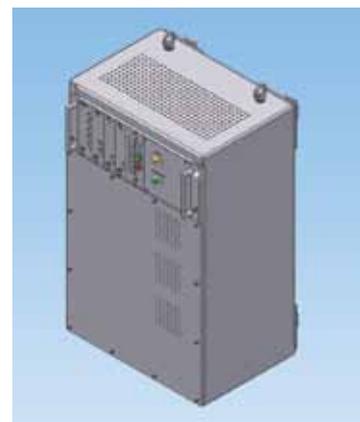
– в составе прибора СУР встроенных вольтметра, измеряющего напряжение на обмотках, и омметра;

– необходимости дистанционного включения преобразователей в приборе ПУР;

– резервного преобразователя и, соответственно, узлов его коммутации.

Возможность значительного уменьшения габаритов статических преобразователей достигается, главным образом, за счет их незначительной мощности, а также за счет оригинальных схемных решений, обеспечивающих, в частности, гальванические развязки цепей нагрузки и корабельной сети питания, а также и от цепей входного сигнала.

а)



б)

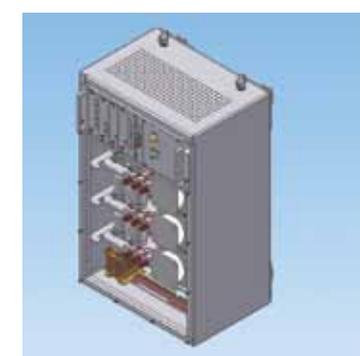


Рис. 7. Прибор ПУР с установленной (а) и снятой (б) лицевой панелью

На рис. 7 представлен внешний вид прибора ПУР с установленной (а) и снятой (б) лицевой панелью. Верхняя крышка прибора ПУР выполнена с отверстиями для выхода нагретого воздуха. В верхней части прибора находится крейт типа «Евромеханика», в который устанавливаются съемные модули управления прибором. Лицевая панель безопасности, закрывающая каналы силовых преобразователей, расположена в нижней части прибора и закрывает как сами преобразователи, так и коммутационно-клеммное оборудование, расположенное внизу. Забор воздуха для охлаждения производится с лицевой панели, выброс нагретого воздуха осуществляется к задней стенке.



Рис. 8. Компоновка силового канала прибора ПУР

Прибор ПУР выполнен в навесном исполнении и крепится на амортизаторы типа АКСС-25 М. В верхней части прибора имеются рым-болты для погрузки прибора. Каналы силовых преобразователей располагаются по этажному типу. Компоновка силового канала статического регулятора тока показана на рис. 8. Ориентировочные габаритные размеры прибора ПУР составили 800×500×429 мм, а ориентировочная масса – 75 кг.



б)



Рис. 9. Секция управления СУР с закрытой (а) и открытой (б) лицевой дверью

Внешний вид секции управления СУР представлен на рис. 9 с закрытой (а) и открытой (б) лицевой дверью.

В верхней части секции СУР находится крейт типа «Евромеханика», в который устанавливаются съемные модули управления секцией и сопряжения с внешним преобразователем индукции магнитного поля Земли, а также навигационным оборудованием. Подключение силовых кабелей выполняется к клеммным платам типа ПК, сигнальных линий – посредством разъемных соединителей типа 2 РТГ. Дно прибора имеет окно с размером, достаточным для прохождения пучка кабелей.

Секция СУР выполнена в навесном исполнении и крепится на амортизаторы типа АКСС-10 М. Согласно проработке, ориентировочные габаритные размеры секции СУР составляют 728×448×372 мм, а ориентировочная масса – 38 кг.

Вследствие отсутствия на заказах сверхмалого водоизмещения навигационного оборудования, формирующего данные о широте и долготе плавания, а также углах крена и дифферента основным источником управляющей информации является здесь преобразователь индукции магнитного поля Земли. Несмотря на то, что подобные источники информации давно известны и серийно выпускаются, специалистами ОАО «НПФ «Меридиан» выполнены проработки, позволяющие улучшить массогабаритные показатели этих компонентов, снизить их чувствительность к помехам и облегчить настройку.

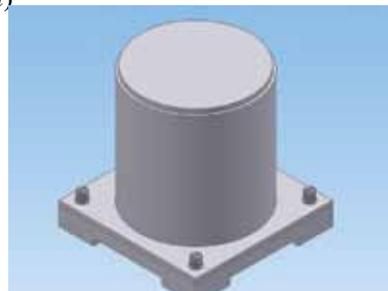
Преобразователь индукции магнитного поля Земли возможно реализовать в совмещенном трехкомпонентном исполнении, построение каналов будет осуществляться на основе инновационной технологии с применением электронной автоматической ортогонализацией осей трехкомпонентного чувствительного элемента, применением специализированной микросхемы канала управления феррозондовым магнетометром, а также цифровым каналом связи с секцией СУР на основе современного микроконтроллера. Внешний вид преобразователя показан на рис. 10 в сборе (а) и со снятой защитной магнитопрозрачной крышкой (б).

Согласно проработке, ориентировочные габаритные размеры преобразователя составят 135,5×120×120 мм, ориентировочная масса – не более 2 кг.

При положительных результатах, связанных с приятием проектантам данной концепции как базовой для перспективных кораблей сверхмалого водоизмещения, ОАО «НПФ «Меридиан» готов незамедлительно разработать рабочую конструкторскую документацию для изготовления и комплексной пос-

тавки аппаратуры компенсации магнитных полей на пр. 21820 и 11770. Важно отметить, что данная разработка будет выполнена на основе современной элементной базы исключительно отечественного производства, это принципиально важно в условиях усилившегося санкционного давления с внешней стороны. Облик аппаратуры может быть в точности таким, как описано, либо изменен в соответствии с пожеланиями и требованиями проектанта.

а)



б)

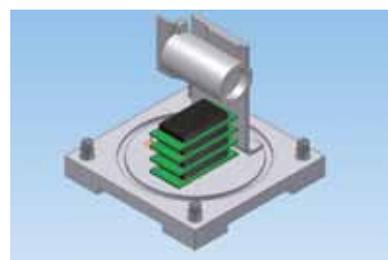


Рис. 10. Трехкомпонентный преобразователь индукции магнитного поля Земли в сборе (а) и со снятой магнитопрозрачной крышкой (б)

В заключение кратко упомянем о работах специалистов ОАО «НПФ «Меридиан», проводимых для кораблей с воздушной подушкой. Работы по проработке облика аппаратуры активно идут, и уже сейчас нам ясно, что такая аппаратура в наиболее перспективном варианте должна быть построена на основе секционированного способа управления обмотками. О результатах этой проработки мы надеемся рассказать в одном из последующих номеров журнала. Также для нас уже ясно: наиболее сложным в разрабатываемом классе аппаратуры окажется реализация систем компенсации магнитных полей для кораблей-экранопланов. Но нас не пугает и эта сложная задача, ведь 50-летний опыт ОАО «НПФ «Меридиан» на поприще создания аппаратуры компенсации магнитных полей – великое подспорье и залог будущего успеха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Б. Ю. Новый век систем размагничивания // Морской вестник. – 2013. – №1(45). ■

Сегодня на реках эксплуатируются сотни судов, оборудованные главными двигателями советского производства. Комплектно с дизелями поставляли и различные тахометры, большая часть которых в настоящее время не выпускается.

Судовые тахометры используются для оперативного контроля за работой ГЭУ (главная энергетическая установка), прежде всего частоты вращения гребных валов, и позволяют подбирать оптимальные режимы движения речного или морского судна в зависимости от навигационной обстановки.

«Российский Речной Регистр» в наши дни требует выполнения Правил и обеспечения безопасности судоходства, вопросы модернизации судов становятся все более актуальными.

В 2005 г. ЗАО «МНС» разработало системы индикации частоты вращения, которые были установлены на теплоходах типа «Волго-Дон». В настоящий момент изготовлено и установлено более 60 комплектов тахосистем.

Первой системой индикации частоты вращения была система «Manager-300T» (М-300Т). В качестве приборов индикации использовались цифровые приборы индикации ПИ1, разработанные в ЗАО «МНС» для индикации навигационных параметров на ходовом мостике кораблей ВМФ.

В приборе ПИ1 предусмотрена возможность установки двух модулей из микропроцессорного комплекта КМСПИ (комплект модулей сопряжения и преобразования интерфейсов), разработка ЗАО «МНС».

Для приема сигналов от таходинамо был разработан модуль МИП2 (модуль измерения периода).

В качестве шины данных была использована резервированная CAN-шина, реализованная на модуле МКАН2 А.

В настоящий момент модуль МИП2 выпускается в двух версиях:

- для приема импульсов низкого уровня (таходинамо, первичный преобразователь Г113.1)

- для приема сигнала от импульсного датчика приближения с встроенным усилителем, рассчитанным на коммутацию напряжения 24 В постоянного тока.

Модуль МИП2 имеет два счетных канала для определения направления и частоты вращения.

Приборы ПИ1 устанавливаются в рулевой рубке, машинном отделении, ЦПУ. На крыльях мостика приборы встраиваются в защитную оболочку с IP56.

Опыт эксплуатации показал высокую надежность системы. Однако индикация значения частоты вращения в цифровом виде не позволяет оператору оценивать текущее значение частоты вращения боковым зрением или быстрым взглядом

ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ТАХОМЕТРОВ ДЛЯ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ

ОПИСАНИЕ ТРЕХ ПОКОЛЕНИЙ СИСТЕМ ИНДИКАЦИИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЛИНИИ ВАЛА «MANAGER»

Е. В. Пименов, зам. начальника отдела
ЗАО «Морские Навигационные Системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840



Прибор ПИ1 в рулевой рубке



Приборы ПИ1 на крыльях мостика

Для применения на новых судах под наблюдением «Морского регистра судоходства» была разработана система индикации «Manager-301T» на ЖК-панелях и контроллерах компании «Schneider Electric». Применение ЖК-панелей позволило обеспечить индикацию параметров как в цифровом виде, так и в виде круговой шкалы. Кроме улучшения эргономических показателей системы, существенно сократились технологические сроки изготовления системы. В качестве вторичного преобразователя были использованы счетные входы контроллера Twido.

Система «Manager-302T» была разработана с учетом предыдущего опыта. ЖК-панели обеспечили высокий уровень эргономики, а приборы КМСПИ — высокую надежность в сочетании с простотой обслуживания.

Основные функции системы:

- определение частоты вращения линии вала;
- определение направления вращения вала;
- индикация значения частоты вращения;
- регулировка уровня яркости дисплея;

- изменение режима отображения (день/ночь);
- звуковая и световая сигнализация о превышении установки по частоте вращения;
- звуковая и световая сигнализация о нахождении в критической зоне ЧВ частоты вращения;
- диагностика неисправностей датчиков и приборов системы;
- изменение настроечных параметров.

Документация на систему «Manager-302T» одобрена «Российским Речным Регистром». Изделие успешно выдержало испытания на устойчивость к механическим, климатическим и электромагнитным воздействиям в соответствии с требованиями правил «Российского Речного Регистра», получено свидетельство об одобрении типового изделия РРР. В 2014 г. система установлена на шести теплоходах типа «Волго-Дон» и в настоящее время успешно эксплуатируется.



Структурная схема системы «Manager 302T»

Интенсивное совершенствование технологий изготовления ЖК-дисплеев привело к значительному улучшению таких технических параметров, как устойчивость к воздействию механических и климатических факторов; максимальная и минимальная яркость (что актуально для приборов в рулевой рубке, где требуется максимальная яркость при солнечном освещении и минимальная яркость в ночное время). Кроме того, это позволило снизить стоимость. ■

В настоящее время бытует мнение, что в иностранных военно-морских силах в случае аварии или боевого повреждения принято уделять внимание прежде всего спасению личного состава, нежели борьбе с аварией с целью сохранения хотя бы частичной боеспособности корабля. Однако это не совсем так.

Существует целый ряд зарубежных компаний, работающих над созданием систем информационной поддержки борьбы за живучесть (СИП БЗЖ). Интересны разработки таких компаний, как «Siemens» (Германия), MTU (Германия), «L3 MAPPs» (Канада), «Avio» (Италия), «Seastema» (Италия) и «Logimatic» (Дания), DCNS (Франция) и «Sperry Marine» (Великобритания).

Большинство иностранных СИП БЗЖ носят название [battle] damage control system – система контроля [боевых] повреждений. Подобный подход позволяет в случае возникновения аварийной ситуации управлять частью технических средств и оборудования непосредственно из системы контроля боевых повреждений. К слову, сильная интеграция с судовым оборудованием является основной отличительной чертой большинства зарубежных СИП БЗЖ. Например, система контроля боевых повреждений BDCS (battle damage control system) компании «Siemens» позволяет оператору автоматизировано отключать электропитание, блокировать двери и вентиляцию в аварийном отсеке. В определенных ситуациях это происходит автоматически по заданным алгоритмам. При этом информация отображается в удобном для пользователя виде с помощью интерактивных карт корабля – изометрических проекций палуб, как это показано на рис. 1.



Рис. 1. Система контроля боевых повреждения компании «Siemens». Используется на фрегате типа 125

Представление данных подобным образом – распространенная тенденция в современных СИП БЗЖ. Из рассматриваемых в данной статье систем только в DCS (damage control system) итальянской компании «Seastema» нет изометрических проекций палуб. Вместо них используются 2D-схемы, чертежи основных разрезов корпуса корабля. Забегая вперед скажем, что это довольно дешевый вариант подобных систем, и компания «Seastema» является отстающей в данном направлении.

Почему же интерактивные карты корабля на основе проекций палуб (мнемосхемы) так популярны? На сегодняшний день это самый простой и удобный для пользова-

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ БОРЬБЫ ЗА ЖИВУЧЕСТЬ

Д. А. Богданов, ген. директор,

В. В. Гапанюк, аналитик, ЗАО «Си Проект»,

С. Н. Соловьев, канд. техн. наук, нач. управления НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ «Военно-морская академия»,

С. В. Ступников, руководитель отдела,

*Р. А. Мыскин, канд. техн. наук, руководитель отдела, ЗАО «Си Проект»,
контакт. тел. (812) 740 6383*

теля способ просмотра информации о состоянии технических средств и возникающих авариях. На экране в зависимости от выбора оператора отображаются проекции одной или нескольких палуб. При возникновении на корабле нештатной ситуации на проекциях палуб автоматически выделяются аварийные зоны. При этом цвет и вид выделения зависят от типа аварии или неисправности. Это позволяет оператору быстро сориентироваться и оценить сложившуюся ситуацию. Данные об авариях, визуализируемые на интерактивных картах, могут как поступать в систему от различных датчиков и устройств, так и вводиться вручную с пультов интегрированной системы управления кораблем (например, донесения членов экипажа).

На интерактивных картах визуализируются не только сведения о текущем состоянии корабля, но и данные о расположении средств для БЗЖ (например, огнетушителей, рис. 2), данные об огне- и водостойкости переборок и палуб и многое другое. Если отображаемой информации слишком много, оператор может выбрать тип данных, которые необходимы ему в текущий момент, например, просмотреть только расположение все тех же средств для БЗЖ.

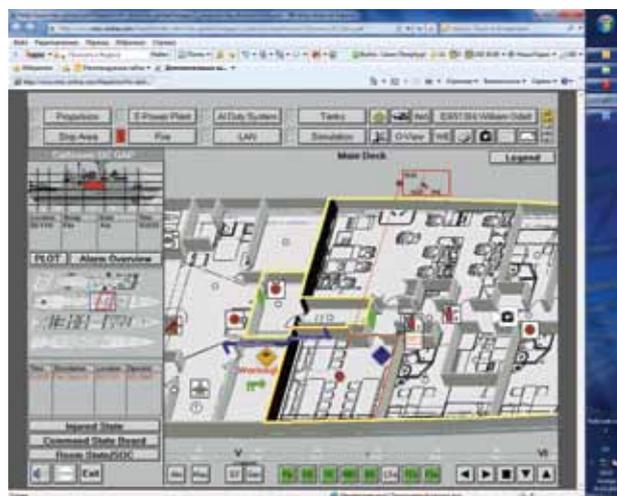


Рис. 2. Система контроля повреждения компании MTU

Однако отображать информацию об аварии и средствах для её ликвидации недостаточно, ведь члены экипажа должны оперативно принимать меры по борьбе с аварией. В реальных условиях далеко не каждый человек способен сразу же справиться с волнением и быстро извлечь из своей памяти набор инструкций, которые надо применять в сложившейся ситуации. Эту роль также взяла на себя система контроля [боевых] повреждений.

Как же это происходит? Все данные об авариях,

повреждениях и неисправностях обрабатываются и анализируются в системе с использованием заложенных в неё алгоритмов. При этом оцениваются и текущая ситуация, и ее возможные последствия. Далее оператору выдаются необходимые рекомендации. Причем часть из них представлена в виде списка действий (перечня инструкций), которые необходимо предпринять. Часть рекомендаций визуализируется на интерактивной карте: строятся рубежи обороны, выделяются маршруты прохода по кораблю и др.

Для полноты картины оператор может просмотреть информацию о возможных последствиях внештатной ситуации. Причем эти сведения связываются с выдаваемыми рекомендациями. К примеру, при наличии нескольких [рекомендуемых] вариантов устранения аварии можно посмотреть, что будет следствием каждого из них и выбрать наилучший. Кстати говоря, для упрощения выбора набор вариантов по ликвидации аварии, как правило, сортируется по определенному принципу.

Также оператор может непосредственно работать с интерактивной картой, например, строить рубежи обороны или отмечать месторасположение конкретного типа аварии (пробоина, пожар, задымление и т. п.). При этом данная информация также выводится на экраны других пультов интегрированной системы управления кораблем. Теоретически это позволяет офицеру, отвечающему за БЗЖ, намного быстрее и, что особенно важно, наглядно показывать подчиненным, какие действия необходимо предпринять в той или иной ситуации. По этой же причине системы контроля [боевых] повреждений позволяют операторам обмениваться между собой сообщениями.

Кроме того, способ нанесения информации на интерактивную карту весьма оригинален. В таких системах, как BDCS «Siemens», BDCS MTU, BDCS «L3 MAPPs» и DCS «Avio» для этого предусмотрена специальная панель рисования. К примеру, если вы обнаружили пробойну или очаг пожара, можете выбрать на панели тип аварии, нажав на кнопку с ее обозначением и выбрать зону на аварийной карте. При этом аварийное помещение будет выделено таким образом, чтобы на других пультах пользователи могли сразу же понять, с какой именно аварией они имеют дело.

Очевидно, что все данные, циркулирующие в системе как в штатном режиме, так и в аварийной ситуации, должны сохраняться и при необходимости использоваться в будущем. Для этого в системе ведется журнал событий, в котором фиксируется не только вся информация, связанная с нештатной ситуацией, но также действия экипажа по ее устранению. Данный журнал доступен для просмотра оператором.

Конечно же, системы контроля [боевых] повреждений предоставляют пользователю возможность работать с нормативно-справочной документацией, непосредственно связанной с БЗЖ.

Осталось упомянуть о некоторых отличительных особенностях систем контроля [боевых] повреждений.

Damage battle control system канадской компании «L3 MAPPs» позволяет вводить сообщения при помощи электронных чернил (рис. 3). Это очень удобно, особенно если учесть, что в условиях аварии при слабом освещении неопытному пользователю будет трудно работать с клавиатурой. А вот писать стилусом на экране гораздо проще.

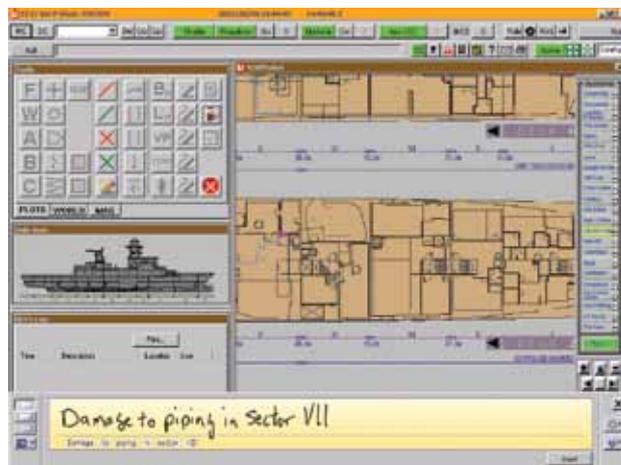


Рис. 3. Система контроля боевых повреждений компании «L3 MAPPs». Используется на корвете типа «Висбю» ВМС Швеции

Другая подобная система, вернее модуль интегрированной платформы управления корабельными системами, разработанная датской компанией «Logimatic», связана с системой расчета остойчивости и выдает пользователю соответствующие рекомендации. Кроме того, датчане реализовали интересную функцию по отслеживанию местоположения членов экипажа с помощью специальных датчиков или пейджеров.

Особый интерес представляет система контроля боевых повреждений, разработанная итальянской компанией «Avio». Интересным образом здесь реализован режим видеомониторинга. Видеоизображение может вызываться не только по запросу пользователя. При срабатывании различных датчиков, например датчика задымления, на пульте оператора поверх всех окон появляется видеоизображение из аварийного помещения.

Другая итальянская компания, «Seastema», явно отстает от своего соотечественника. В ее системе нет никаких изометрических проекций палуб и даже намеков на более или менее современный интерфейс (рис. 4). Да и установлена данная система на морально устаревший фрегат проекта «Сигала Фулгоси». Отображение информации осуществляется с помощью планов (чертежей) палуб и деления корабля на таблицу, в которой линии – это палубы, а столбцы – аварийные зоны. Каждая область электронной таблицы анимирована и может быть выбрана оператором для отображения соответствующего вида на плане корабля и получения необходимой справочной информации. Также в этой системе можно просматривать данные о состоянии технических систем, например, главной энергетической установки.

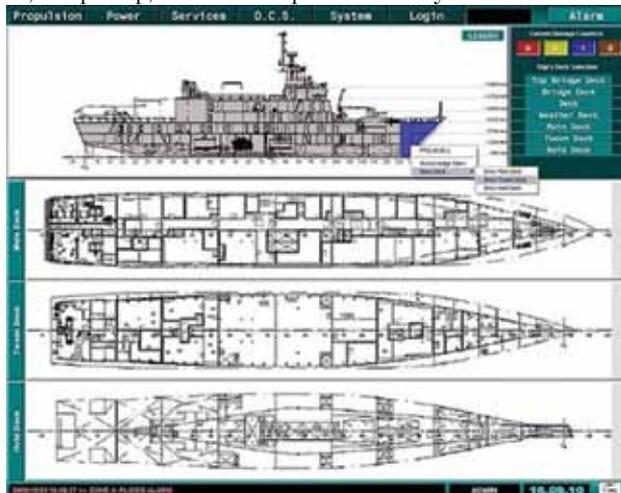


Рис. 4. Система контроля повреждения компании «Seastema»

Что же касается функционирования, то для большинства систем оно возможно как на пультах интегрированной системы управления кораблем, так и отдельно, на ноутбуках и планшетах.

Заявленные функциональные возможности большинства рассмотренных систем заслуживают уважения. Вот некоторые из них:

- управление при аварии и моделирование противоаварийных действий на схеме корабля (например, построение рубежей обороны);
- мониторинг состояния различных датчиков и устройств;
- автоматическое предоставление подсказок и сценариев действий для управления борьбой с конкретными авариями, ссылки на справочную информацию;
- видеомониторинг для быстрого определения характера аварии;
- прямое взаимодействие со средствами расчета устойчивости корабля и получение соответствующих рекомендаций, анализ последствий различных мер перед их фактическим осуществлением по заданным алгоритмам;
- контроль и регистрация радиационного фона;
- управление личным составом и материальными ресурсами;
- аварийное управление и расстановка приоритетов;
- ведение журнала и создание отчетов обо всех событиях по борьбе за живучесть.

Однако стоит отметить, что у всех зарубежных СИП БЗЖ, несмотря на довольно широкие возможности, все же есть «ахиллесова пята» – слишком сложный пользовательский интерфейс и, пожалуй, излишний набор функций, что в аварийной ситуации может просто запутать экипаж. Если взять в расчет всем известное правило «семь плюс/минус два», согласно которому пользователь может одновременно работать в среднем с семью объектами на экране, то в интерфейсе рассмотренных систем, увы, нельзя не запутаться. А ведь самыми важными факторами, от которых зависит успех при борьбе с аварией на корабле, являются время получения необходимой информации и скорость принятия решений. И тут есть о чем задуматься.

Стоит отметить, что и на российском рынке присутствуют разработчики подобных систем, которые не только не отстают от своих зарубежных коллег, но и опережают их по некоторым направлениям. Одним из таких отечественных разработчиков является компания ЗАО «Си Проект» (www.seaproject.ru).

Используя собственные разработки компании ЗАО «Си Проект» удалось реализовать ряд успешных проектов по созданию СИП БЗЖ. В части систем с оглядкой на зарубежный опыт были использованы схемы палуб корабля, как это показано на рис. 5.

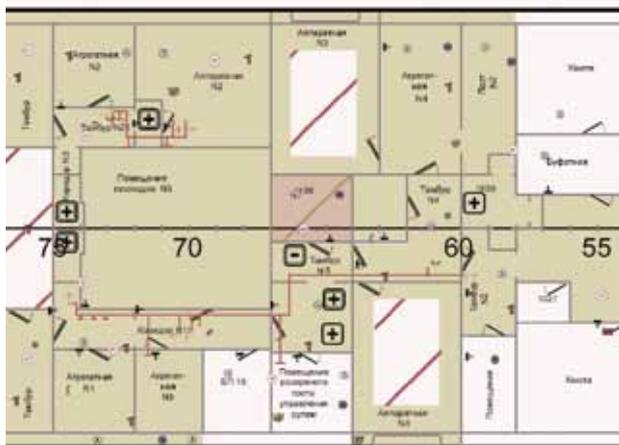


Рис. 5. Схема расположения средств борьбы за живучесть

При этом отечественному разработчику удалось избежать многих недостатков зарубежных систем, создав простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

Также компанией ЗАО «Си Проект» была создана СИП БЗЖ с применением трехмерной графики (рис. 6–7).



Рис. 6. СИП БЗЖ компании ЗАО «Си Проект» с применением трехмерной графики

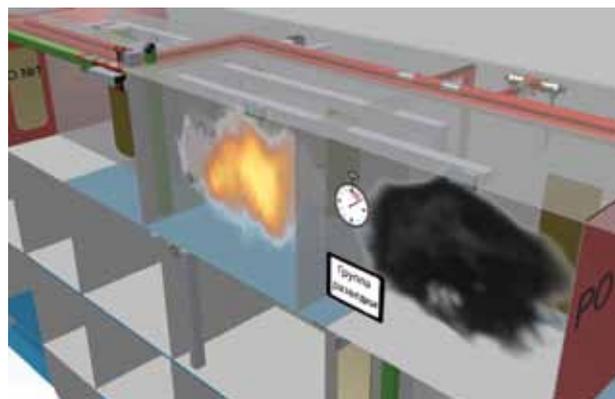


Рис. 7. СИП БЗЖ компании ЗАО «Си Проект» с применением трехмерной графики

Таким образом, в современных СИП БЗЖ могут использоваться различные способы визуализации информации: чертежи или 2D-схемы палуб, изометрические проекции палуб и полноценная трехмерная графика, получаемые из САД-систем (computer-aided design – система автоматизированного проектирования).

В данной статье был приведен краткий обзор зарубежных СИП БЗЖ, а также были упомянуты их российские аналоги, разработанные компанией ЗАО «Си Проект». Каждая из систем имеет свои собственные преимущества и недостатки. Однако выявить безусловного лидера можно только по результатам реальных аварий, при ликвидации которых использовалась та или иная СИП БЗЖ. И как не цинично бы это прозвучало, только сухая статистика жертв и спасенных жизней покажет, какая система наиболее эффективна. А поскольку, увы, аварии на кораблях всё же неизбежны, то системы информационной поддержки борьбы за живучесть будут развиваться, чтобы сводить к минимуму последствия нештатных ситуаций.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. <http://www.aviogroup.com/en/catalog/marine/>
2. <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/products-and-solutions/automation/ipms/Pages/Default.aspx>
3. <http://www.mapps.l-3com.com/interactive-incident-board-management-station.html>
4. <http://www.mapps.l-3com.com/battle-damage-control-system.html>
5. <http://www.seastema.it/>
6. www.logimatic.com
7. <http://www.mtu-online.com/mtu-northamerica/products/integrated-ship-automation-system/battle-damage-control-system-for-naval-vessels/>
8. <http://en.dcnsgroup.com/>
9. <http://www.sperrymarine.com/products/machinery-automation/integrated-platform-management-system> ■

В настоящее время системы видеонаблюдения входят как обязательные в состав практически любого современного корабля. В основном указанные системы предназначены для выполнения классических задач видеонаблюдения – мониторинга помещений и палуб корабля, записи видеoinформации.

При развитии систем интегрированного управления кораблем особая роль отводится интеграции видеосистем (подсистем обработки видеoinформации – ПОВИ) в единый контур управления. Особенности подсистем обработки видеoinформации является создание единого информационного корабля: отображения внешней обстановки, состояния технических средств и помещений корабля, данных оптико-электронных систем. В этом случае появляется возможность с любого автоматизированного рабочего места получить доступ к любым видеоданным в реальном масштабе времени или работы с архивом видеоданных.

В связи с необходимостью решения задач по выявлению нарушений режимов морских пространств РФ, ведению поиска аварийных объектов и людей, терпящих бедствие, ПОВИ должны решать дополнительные задачи.

Таким образом, можно выделить следующие основные требования, которым должны удовлетворять ПОВИ интегрированных систем управления кораблем (ИСУК):

- мониторинг помещений и палуб корабля;
- запись видеoinформации от камер видеонаблюдения помещений и палуб, ОЭС, ЛА;
- отображение видеоданных, поступающих от оптико-электронных систем корабля, ЛА, обеспечивающих обнаружение, выявление объектов, контроль безопасности судоходства, применение оружия;
- обнаружение задымления, возгорания, затопления, протечек в помещении с отображением оперативной информации на доске живучести корабля или в системе СИП-БЖ;
- обнаружения смещения грузов;
- обнаружение несанкционированного проникновения в помещения;
- наблюдение за процессом применения оружия;
- наблюдение по бортам при проведении швартовки корабля;
- наблюдение за работой швартовых команд и палубных механизмов;
- наблюдение за процессом взлета/посадки ЛА;
- обнаружение и идентификация плавающих объектов;
- обеспечение видеоданными при проведении узкостей, шлюзов, манев-

ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОРАБЛЕЙ ВМФ И ПОГРАНИЧНОЙ СЛУЖБЫ

В. Г. Лано, зам. техн. директора,

Я. О. Неилко, инженер,

А. Н. Погорелов, начальник сектора,

И. А. Крылов, гл. специалист,

А. П. Орлов, зам. гл. конструктора, ЗАО «Транзас»,

контакт. тел. (812) 325 3131

рирования в порту, при расхождении с опасными целями, при проведении доковых операций;

- обеспечение видеоданными при проведении спасательных работ, управления шлюпками (сканирование территории проведения спасательных работ оптико-электронными средствами, поиск утопающих);
- совмещение радарного видео с видеозображением, полученным от камер видеонаблюдения по периметру корабля и оптико-электронными средствами для освещения морской обстановки;
- подсветка целей на видеозображении от ОЭС по данным от РЛС.

Особое место при решении этих задач в ПОВИ отводится средствам «дополненной реальности».

«Дополненная реальность» уже весьма длительное время применяется в авиации, но в судостроение пришла относительно недавно. ЗАО «Транзас» является одной из немногих компаний, работающих над широким внедрением данной технологии в свои системы.

Идея технологии заключается в том, чтобы в поле зрения человека ввести синтезированное компьютером изображение, упрощающее восприятие окружающей обстановки.

Применение дополненной реальности наиболее востребовано при плавании в сложных условиях, например, в ночное время или в густом тумане. В этом случае экипаж может видеть расположение буев, опасные изобаты, цели от САРП и АИС приемников еще до их появления в зоне видимости. Там же, поверх реальной картинке, отображаются маршруты следования, место встречи с опасной целью, рекомендации по расхождению, показаны основных навигационных приборов и пр.

Наибольший эффект использования данной технологии достигается при их внедрении в системы поддержки и принятия решения, особенно где для оперативного принятия решения необходимо комплексное представление исходной информации. На рис. 1 представлен пример комплексного представления информации при следовании по курсу.

Для предоставления должностным лицам синтезированные объекты могут



Рис. 1. Комплексное представление информации при следовании по курсу



Рис. 2. Изображение на дисплее ИЛ

помещаться в изображение от видеокамеры или отображаться с помощью ИЛС (индикатор на лобовом стекле) (рис. 2).

В общем виде структуру организации структуры системы видеонаблюдения ИСУК, реализующую перечисленные выше функции, можно представить в следующем виде (рис. 3).

Основными компонентами системы являются:

- камеры видеонаблюдения помещений и палуб корабля;
 - среда передачи данных (кабельное, периферийное оборудование);
 - видеонаблюдения.
- Сопрягаемые системы:
- ОЭС, средства ППДС, ЛА – источники видеoinформации;
 - автоматизированные рабочие места ИМС и других сопрягаемых систем;
 - системы управления техническими средствами (СУТС);

Сетевая инфраструктура организована таким образом, чтобы обеспечивалось дублирование информационных потоков на случай единичного отказа серверов и коммутационного оборудования.

К коммутационному прибору ПОВИ также подключены видеосерверы, регистрирующие видеоизображения от видеокамер (запись видеоархива) и транслирующие видео потребителям по их запросам.

Структура ПОВИ обеспечивает гибкость, отказоустойчивость и масштабируемость – при увеличении числа видеокамер необходимые вычислительные мощности для обработки, анализа и архивирования видеоизображений наращиваются путем добавления видеосерверов.

Коммутационный прибор ПОВИ также может наращиваться путем добавления необходимого числа дополнительных ПК, соединяемых между собой в кольцо с использованием протокола Turbo Ring. Такое соединение ПК обеспечивает повышенную надёжность, быстрое время восстановления связи при однократном отказе (несколько микросекунд) и масштабируемость – дополнительные ПК включаются в существующее кольцо. Видеосерверы, выполняющие обработку и архивирование видеоинформации, подключаются к соответствующим ПК для обработки данных с определённой группы видеокамер.

При отказе видеосервера обработка и архивирование видеоинформации от соответствующей группы видеокамер автоматически (может) перераспределяется между оставшимися видеосерверами.

Также в автоматическом режиме между серверами могут распределяться запросы от клиентов на поиск и трансляцию видеоданных из архива и от видеокамер (автоматическая балансировка нагрузки).

Потребители (клиенты ПОВИ) могут подключаться как непосредственно в сеть ПОВИ (одиночные АРМ, например АРМ Дежурного), так и через видеосерверы, в случае если группа клиентов образует отдельную систему (например, ИМС). Видеосерверы в этом случае выполняют роль шлюзов для подключения внешних систем к ПОВИ и разграничения трафика во внешних системах от ПОВИ.

При подаче питания видеокамеры автоматически начинают трансляцию видео в формате multicast-потоков.

Коммутаторы ПК выполняют маршрутизацию multicast-потоков к серверам, а также к клиентам ПОВИ при поступлении от них запросов на получение соответствующих видеопотоков.

За счет использования в ПОВИ технологии маршрутизации multicast-потоков на уровне ПК обеспечивается передача каждому клиенту только тех видеопотоков, которые ему необходимы. К клиентам ПОВИ таким образом поступает только необходимая им часть видеоинформации, что позволяет строить видеосистемы большего масштаба.

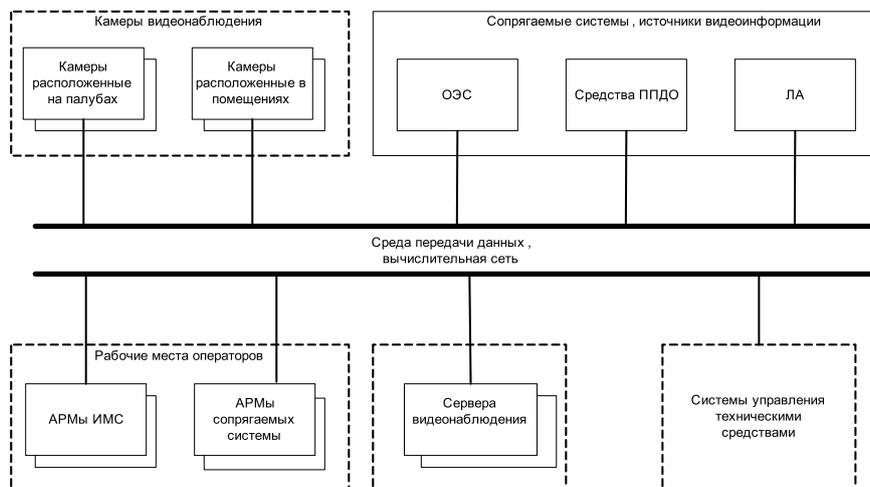


Рис. 3. Обобщенная структура систем видеонаблюдения

ПОВИ также обеспечивает взаимодействие клиентов с ВК по протоколам unicast для выполнения настроек, проверки и изменения режимов работы ВК.

Отказоустойчивость обеспечивается за счет структурных решений на уровне топологии сети (ПК ПОВИ), организации пула видеосерверов с автоматическим перераспределением нагрузки и использованием протоколов динамической multicast-маршрутизации.

Применение данной системы на корабле позволило обеспечить:

- круглосуточное видеонаблюдение на палубах и в помещениях корабля в режиме real-time;
- мониторинг работы швартовых команд;
- снабжение видеоинформацией на всех рабочих местах должностных лиц;
- своевременное оповещение и запись видеоинформации при возникновении внештатных ситуаций;
- видеоконтроль за применением вооружения корабля, взлетом и посадкой

летательного аппарата;

– мониторинг периметра корабля в ближней зоне (обнаружение дрейфующих объектов, нарушение периметра корабля).

Цифровые видеокамеры помещений и палуб корабля передают видеоизображение по линиям Ethernet на серверы видеонаблюдения для записи и анализа, на автоматизированные рабочие места должностных лиц для отображения.

ОЭС, средства ППДС, как правило, передают аналоговый видеосигнал по коаксиальным линиям на серверы видеонаблюдения с помощью плат видеозахвата и специального программного обеспечения осуществляется оцифровка и трансляция видеоданных по линиям Ethernet на АРМ. Управление камерами видеонаблюдения, ОЭС, отображение видеоинформации осуществляется с АРМ с помощью специального программного обеспечения и не требует отдельных рабочих мест.

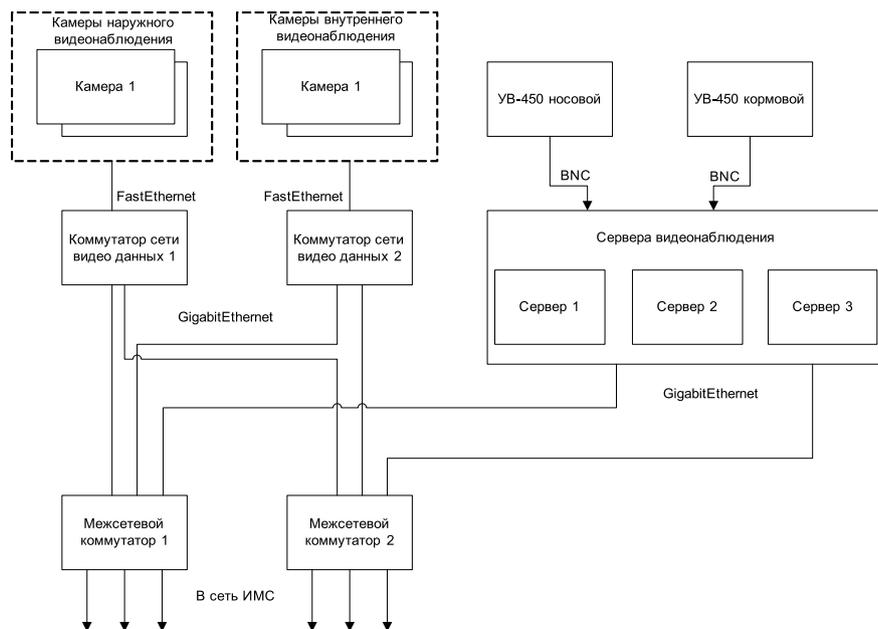


Рис. 4. Унифицированная структура ПОВИ

Рассмотрим некоторые преимущества использования дискретных систем для моделирования физических процессов, сопровождающих изменение пожароопасной обстановки и развитие пожароопасных ситуаций в корабельных помещениях [1,2].

Во-первых, независимо от того, как протекают процессы в реальном мире, дискретно, непрерывно или, быть может, комбинированным дискретно-непрерывным способом, факт остается фактом – с большинством наблюдений, если не со всеми, связана некоторая неисключаемая конечная ошибка. Значение этой ошибки определяет некую конкретную верхнюю границу уровня разрешения для данных, собираемых через определенный канал наблюдения. Это означает, что данные всегда оказываются дискретными независимо от философских убеждений или состояния технологии.

В случаях, когда эмпирические соображения, описанные выше, оказываются несущественными и желательно использовать непрерывные переменные, можно выбрать определяющий дискретные переменные конечный уровень разрешения, позволяющий аппроксимировать непрерывные переменные с наперед заданной точностью; точно так же можно аппроксимировать и непрерывные параметры. Этот подход был продемонстрирован в работах [3–5], в которых показано, что как и классическая, так и релятивистская физика могут быть переформулированы в терминах дискретных переменных и что в этой формулировке могут быть получены результаты, сколь угодно близкие к результатам, полученным в традиционной формулировке, основанной на непрерывных переменных и дифференциальных уравнениях.

Во-вторых, в то время как дискретные переменные (и параметры) всегда могут быть заданы так, чтобы аппроксимировать непрерывные переменные с требуемой точностью, непрерывные переменные применимы только к определенному типу свойств. Таким образом, область использования дискретных переменных и параметров оказывается существенно шире области применения их непрерывных аналогов.

В-третьих, если явления реального мира и описываются с помощью непрерывных переменных и параметров (обычно в виде набора дифференциальных уравнений), то редко оказывается так, что для работы с этими описаниями удастся использовать методы непрерывной математики. Дифференциальные уравнения, описывающие явления реального мира, обычно или

ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

М. В. Марковский, адъюнкт,

А. В. Марковский, адъюнкт,

М. В. Михненко, канд. техн. наук, доцент, нач. кафедры, ВМПИ,

В. Н. Круглиевский, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник

НИИ кораблестроения и вооружения,

В. А. Колесник, д-р техн. наук, проф. ВМПИ,

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,

контакт. тел. +7 (921) 341 8771; +7 (921) 923 7644

не могут быть решены аналитически (т.е. это нелинейные дифференциальные уравнения), или их аналитическое решение чересчур трудоемко. Следовательно, или по необходимости, или для удобства приходится для их решения использовать численные методы и цифровые вычислительные машины, что очевидно требует, чтобы непрерывные переменные и параметры были преобразованы в свои дискретные аналоги.

В-четвертых, дискретные функции (например, выражающие зависимости переменных от их параметров или от других переменных) более гибки, чем их непрерывные аналоги, в смысле способа представления.

Для моделирования разнообразных физических процессов, протекающих в пространстве корабля, развитие которых может привести к возникновению пожара, целесообразно использовать методы, разработанные в рамках теории клеточных автоматов Дж. фон Неймана [6–8].

Клеточные автоматы (КА) – это дискретные динамические системы, поведение которых полностью определяется в терминах локальных зависимостей. В значительной степени так же обстоит дело для большого класса непрерывных динамических систем, определенных уравнениями в частных производных. В этом смысле КА в информатике являются аналогом физического понятия «поля». КА, по существу, – это стилизованные, синтетические миры, определенные простыми правилами, подобными правилам настольной игры. Они имеют свой собственный вид материи, которая существует в своих собственных пространстве и времени. Пространство представлено равномерной сеткой, каждая ячейка которой или клетка, или единственный объем содержат несколько битов данных; время идет

вперед дискретными шагами, а законы мира выражаются единственным набором правил, например, небольшой справочной таблицей, по которой любая клетка на каждом шаге вычисляет свое новое состояние по состояниям ее близких соседей.

Таким образом, законы системы являются локальными и повсюду одинаковыми. В данном случае «локальный» означает: для того чтобы узнать, что произойдет здесь мгновение спустя, достаточно посмотреть на состояние ближайшего окружения.

Если задан подходящий набор правил (рецепт), то такой простой операционный механизм достаточно для поддержания целой иерархии структур и явлений. КА позволяют строить полезные модели для многих исследований в естественных и вычислительных науках и комбинаторной математике; они, в частности, представляют естественный путь изучения эволюции больших физических систем.

Надо отметить, что гибкость клеточноавтоматного подхода к синтезу систем достигается не бесплатно. Вместо небольшого числа переменных, взаимодействие которых может быть задано произвольным образом, КА использует много переменных (одна на клетку), но требует, чтобы они взаимодействовали только локально и единообразно.

Чтобы синтезировать структуры значительной сложности, следует использовать большое количество клеток, а для того чтобы эти структуры взаимодействовали друг с другом и существенно эволюционировали, необходимо позволить автомату работать на протяжении большого количества шагов.

В то же время структура КА идеально пригодна для реализации на ЭВМ, обладающей высокой степенью параллелизма, локальными и еди-

нообразными взаимосвязями; подо-
дьящая архитектура позволяет при мо-
делировании КА за сравнимую цену
достичь эффективности по меньшей
мере на несколько порядков выше, чем
для обычного компьютера.

КА изобретались много раз под
разными названиями, и несколько
отличающиеся друг от друга понятия
употреблялись под одним и тем же на-
званием. В чистой математике их мож-
но обнаружить как один из разделов
топологической динамики, в электро-
технике они иногда называются итера-
тивными массивами, можно встретить
их также в виде компьютерных игр [9].

Для данной работы важно то, что
с помощью КА можно моделировать
непосредственно законы физики [10, 11].

Модели, которые явным образом
сводят макроскопические явления
к точно определенным микроскопи-
ческим процессам, представляют наи-
большой методологический интерес.
Чем проще примитивы, используемые
для описания сложной системы, тем
больше вычислений, необходимых
для достижения точного и детально-
го предсказания на основе модели.
По этой причине развитие математи-
ки в определенный период отражает
природу вычислительных средств, до-
ступных в этот момент.

С появлением цифровых компью-
теров область, в которой удобнее всего
работать, сместилась к: дискретным
моделям, нелинейным моделям и мо-
делям, включающим большое число
распределенных переменных. В таких
моделях основное внимание уделяется
обработке большого числа объектов
простой природы (например, булевых
переменных и логических функций).
Это задача, в которой компьютеры
особенно эффективны.

КА пытаются извлечь выгоду
из логического передела этого под-
хода. Они сокращают количество
примитивных составляющих, кото-
рые могут входить в модель до одной,
а именно «единичной» клетки, управ-
ляемой простым правилом и соеди-
ненной с идентичными ей клетками
однородным шаблоном взаимосвязей.
Задача состоит в том, чтобы подобрать
это правило и этот шаблон так, чтобы
все, что мы хотим от модели в широком
диапазоне масштабов, следовало бы
из одного этого выбора.

Будет ли этот подход работать, за-
висит, конечно, от того, что мы пы-
таемся моделировать. Нас, в первую
очередь, интересует возможность мо-
делировать с помощью аппарата КА
динамику тепловых полей корабель-
ных помещений и процессы распро-
странения в них газообразных и жид-
ких горючих веществ.

Тепловые поля, как и поля любого
вида, относятся к классу простран-
ственно распределенных физических
систем. Теория подобных систем раз-
вита в рамках математической физики
на базе дифференциальных уравне-
ний в частных производных. Подоб-
ные уравнения не могут быть решены
только аналитическим путем. Для их
анализа обычно требуется сочетание
современных аналитических методов
с большими сериями компьютерных
расчетов. Более того, при наличии
нескольких нетривиальных источни-
ков тепла и сложной нелинейной сре-
ды, определяемой помещениями ко-
рабля, насыщенными энергетическим
оборудованием, решение этих уравне-
ний становится делом, если и возмож-
ным в принципе, то практически почти
бесплезным.

В связи с этим *предлагается*
качественно иной подход к решению
задач моделирования тепловых полей
и распространения горючих матери-
алов и веществ (ГМВ). Сущность его
заключается в том, что вместо тради-
ционного составления и численного
решения дифференциальных уравне-
ний выполняется прямое имитацион-
ное моделирование процессов на базе
КА [7].

С помощью КА, в принципе,
нетрудно выполнить прямое компью-
терное моделирование различных
процессов с локальными взаимодей-
ствиями – для этого нужно лишь подо-
брать соответствующий закон отобра-
жения, позволяющий по состояниям
самого элемента (клетки) и его бли-
жайших соседей находить состояние
этого элемента в следующий (диск-
ретный) момент. В частности, если вы-
брать отображение вида

$$u_j^{n+1} = u_j^n + \left(\frac{\tau^2}{h}\right)(u_{j+1}^n + u_{j-1}^n - 2u_j^n), \quad (1)$$

то такой КА будет моделировать про-
цесс теплопроводности.

Следует отметить, что приведен-
ное отображение фактически экви-
валентно разностной схеме числен-
ного решения уравнения теплопро-
водности.

Однако значительно более ценны
КА, алгоритмы которых не сводятся
к разностным схемам решения диф-
ференциальных уравнений матема-
тической физики, а непосредственно
имитируют исследуемые процессы.
В рамках подобных КА, в частности,
достаточно естественно реализуются
многочисленные пространственные
ограничения, характерные для задач
контроля пожарной опасности.

Для прогнозирования возможности
возникновения пожароопасной ситуа-
ции необходимо моделировать вероят-
ное распространение ГМВ в виде жид-

костей и газов при разгерметизации
в результате неисправности или аварии
трубопроводов или цистерн. Цель моде-
лирования заключается в определении
зоны распространения жидких и газо-
образных ГМВ и выявления в этих зо-
нах источников зажигания (ИЗ), с ко-
торыми ГМВ вступают в контакт.

Если рассматривать процесс рас-
текания, когда различные части жид-
кости движутся по отношению друг
к другу и по отношению к твердым
препятствиям с относительно невы-
сокими скоростями, то в этом преде-
ле, если пренебречь внешними сила-
ми, любые различия в плотности вы-
равниваются за пренебрежимо малое
время, и жидкость может рассматри-
ваться как несжимаемая. Даже ко-
гда применяются эти упрощения, фе-
номенология жидкостей может быть
чрезвычайно разнообразной. В зави-
симости от скорости основного тече-
ния, размера и формы препятствий,
вязкости жидкости, можно получать
ламинарное течение, вихри, турбулен-
тность и т. д. [7].

В этой ситуации подходящей пе-
ременной является $\vec{v} = (v^1, \dots, v^n)$ – век-
торное поле скоростей, а подходящим
параметром – ν – коэффициент кине-
матической вязкости.

Поведение жидкости определяется
уравнением Навье–Стокса

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \nu(\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} + \nu\Delta\vec{v} - \frac{1}{\rho}\nabla p + \vec{f}, \quad (2)$$
$$\nabla \cdot \vec{v} = 0,$$

где ∇ – оператор Набла; Δ – оператор
Лапласа; t – время; ρ – плотность; p –
давление; \vec{f} – векторное поле массо-
вых сил.

Это нелинейное дифференци-
альное уравнение, и за исключением
отдельных случаев, чтобы найти его
решение для заданных начальных
и граничных условий, необходимо
прибегнуть к численному методу. Из-
вестно, что большая часть машинно-
го времени во всем мире расходуется
на моделирование гидродинамичес-
ких задач.

Оказывается, что на макроско-
пическом уровне газы, описываемые
рядом правил КА, как приближенно,
так в ряде случаев и достаточно точ-
но удовлетворяют уравнению На-
вье–Стокса [12].

В то же время в рамках постав-
ленной выше задачи (определения
зоны растекания горючей жидкости)
не имеет смысла затрачивать усилия
на достижение полного соответствия
модели реальному процессу. Как все-
гда полезно найти некоторое компро-
миссное решение. Определение пере-
чня допущений еще больше упрощает
процесс моделирования.

Действительно, для обоснованного

определения рубежей противопожарной обороны и требуемых ресурсов для локализации и устранения аварии, связанной с растеканием горючих жидкостей, лицу, принимающему решение, следует знать:

- расход в единицу времени горючей жидкости из трубопровода или цистерны, а в случае продолжительного времени истечения также количество вытекшей горючей жидкости;
- зону, занимаемую вытекшей горючей жидкостью и ее испарениями, как в текущий момент времени, так и в последующие;
- места, где растекающаяся горючая жидкость или ее испарения могут контактировать с ИЗ, температура которого позволяет их воспламенить.

В настоящее время у страны основные методические трудности по моделированию зон распространения газов или жидкостей, ограниченных жесткими стенками и конструкциями. Определенные проблемы появляются при попытке моделировать фактическое течение жидкости с учетом ее вязкости, шероховатости поверхности обтекаемых препятствий и т. п. В принципе, эти характеристики могут понадобиться для определения динамики изменения зоны растекания горючей жидкости. Проанализируем, так ли это важно для практики?

Лицо, ответственное за живучесть корабля, должно оценить обстановку и принять решение в кратчайший срок с максимально возможной глубиной проработки своего решения.

Распространение жидкого или газообразного ГМВ без его возгорания будет происходить только до ближайшего ИЗ, далее начнется пожар, следовательно, сразу же должна измениться и тактика ведения борьбы за живучесть корабля.

Условимся считать воспламенение ГМВ граничным при рассмотрении развития пожароопасной ситуации, наступление которого означает поражение (проигрыш) в борьбе за недопущение возникновения пожара. Следовательно, время выработки решения $\tau_{\text{реш.}}$ должно быть много меньше, чем время распространения ГМВ до ИЗ $\tau_{\text{распр.}}$, так как надо учесть время, затрачиваемое на обнаружение факта аварии $\tau_{\text{обн.}}$, и также время на локализацию распространения ГМВ $\tau_{\text{лок.}}$. Т. е.

$$\tau_{\text{реш.}} \ll \tau_{\text{распр.}} \quad (3)$$

так как $\tau_{\text{обн.}} + \tau_{\text{реш.}} + \tau_{\text{лок.}} < \tau_{\text{распр.}}$.

Автоматизируя процессы обнаружения и локализации аварий, мы стремимся свести затраты времени к нулю. Чем быстрее мы обнаружим утечку ГМВ и устраним ее, тем меньше ГМВ распространится.

Если процессы обнаружения и локализации аварии типа растекания или

распространения жидких и газообразных ГМВ не автоматизированы, то, учитывая насыщенность помещений корабля ИЗ, можно с уверенностью утверждать, что в большинстве случаев

$$(\tau_{\text{обн.}} + \tau_{\text{реш.}} + \tau_{\text{лок.}}) > \tau_{\text{распр.}}, \quad (4)$$

а это означает, что возникнет пожар. Поэтому моделирование распространения ГМВ (в результате аварии или неисправности оборудования) с учетом его вязкости, шероховатости поверхностей и т. п. имеет смысл лишь на этапе проектирования корабля при отработке конструкторских решений при проектировании противопожарной защиты.

Модель помещения представляет собой динамическую систему, которую можно отразить теоретико-множественной формулой следующего вида:

$$\langle \tau, X, E, Y, Z, F, L, \Delta \rangle \quad (5)$$

где τ – множество моментов времени; X, E, Y – множество контролируемых и неконтролируемых входных и выходных сигналов; Z – множество состояний помещения; F – оператор переходов, отражающий состояние помещения под действием внутренних и внешних возмущений; L – оператор выходов, описывающий механизм формирования выходного сигнала как реакции на внутренние и внешние возмущения, происходящие в помещении; Δ – параметр, характеризующий пространство помещения.

Операторы L и F реализуют отображения

$$F: \tau \times Z \times X \rightarrow Z; \quad (6)$$

$$L: \tau \times Z \times X \rightarrow Y. \quad (7)$$

Будем считать, что помещение может принимать два состояния: пожароопасное и непожароопасное, т. е. $Z = \{1, 0\}$.

Представим пространство Δ помещения в виде структуры, образованной n -м количеством одинаковых кубических объемов Δ_{ijk} (в дальнейшем – единичными объемами).

О пределе дробления помещения на единичные объемы можно сказать, что с развитием системы автоматизированного проектирования (САПР) корабля (вернее, с развитием уровня интеграции отдельных разрозненных САПР), с увеличением вычислительных мощностей и быстродействия ЭВМ практическая возможность уменьшения этого объема будет возрастать и, в конце концов, ограничится целесообразностью рассмотрения пожарной опасности единичного объема отдельного элемента насыщения помещения корабля.

По отношению к кораблю в целом место единичного объема можно наглядно изобразить следующей схемой:

- пространство корабля делится на конечное множество помещений;
- пространство каждого помещения

можно условно разделить на множество равновеликих объемов;

в) каждый единичный объем имеет конкретные координаты в системе координат помещения, к которому он принадлежит;

г) пространство единичного объема может быть частью технического средства, оборудования, материала зашивки или изоляции и т. п. или быть просто частью воздушного пространства помещения.

Можно записать, что единичные объемы по отношению к объему помещения обладают следующими свойствами:

$$\Delta = \bigcup_{ijk=1}^n \Delta_{ijk}; \quad (8)$$

$$\Delta_{ijk} \in \Delta; \quad (9)$$

$$V_{\Delta_1} = V_{\Delta_2} = \dots = V_{\Delta_{ijk}} = \dots = V_{\Delta_n}. \quad (10)$$

Состояние Z помещения в момент времени $\tau \in \tau$ полностью определяется состояниями его n единичных объемов ($Z_1 = 1$) \rightarrow ($Z = 1$) и

$$Z^* = (Z_1 \vee Z_2 \vee \dots \vee Z_i \vee \dots \vee Z_n)^i. \quad (11)$$

Тогда состояние помещения за период $\tau = 1, \dots, m$ можно выразить в виде матрицы

$$Z^* = \begin{bmatrix} Z^*_1 & Z^*_2 & \dots & Z^*_m \\ Z^*_2 & Z^*_2 & \dots & Z^*_m \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Z^*_n & Z^*_n & \dots & Z^*_m \end{bmatrix}, \tau = \overline{1, m}. \quad (12)$$

Модель корабельного помещения будет представлять собой пространственную структуру КА. На рис. 1 представлен фрагмент модели в трехмерном пространстве, на котором выделены единичный объем с координатами ijk и шесть его ближайших соседей. Для наглядности они изображены отстоящими друг от друга, хотя на самом деле непосредственно соприкасаются. Стрелками условно обозначены их входы и выходы.

Состояние каждого единичного объема пространства помещения может изменяться во времени. Каждый отдельно взятый единичный объем также можно считать динамической системой. Тогда его можно представить как математический объект вида

$$\Delta = \langle \tau, M, R, T, Z, u \rangle, \quad (13)$$

где τ – множество моментов времени; M – структурно-пространственная характеристика учитывающая, что у каждого клеточного автомата есть шесть соседей; R – характеризует состояние вещества, если оно находится в единичном объеме; T – характеризует температуру единичного объема; Z – состояние единичного объема в плане пожарной опасности,

$$Z = f(R, T) = \begin{cases} 1 - \text{пожарная опасность,} \\ 0 - \text{нет пожарной опасности;} \end{cases}$$

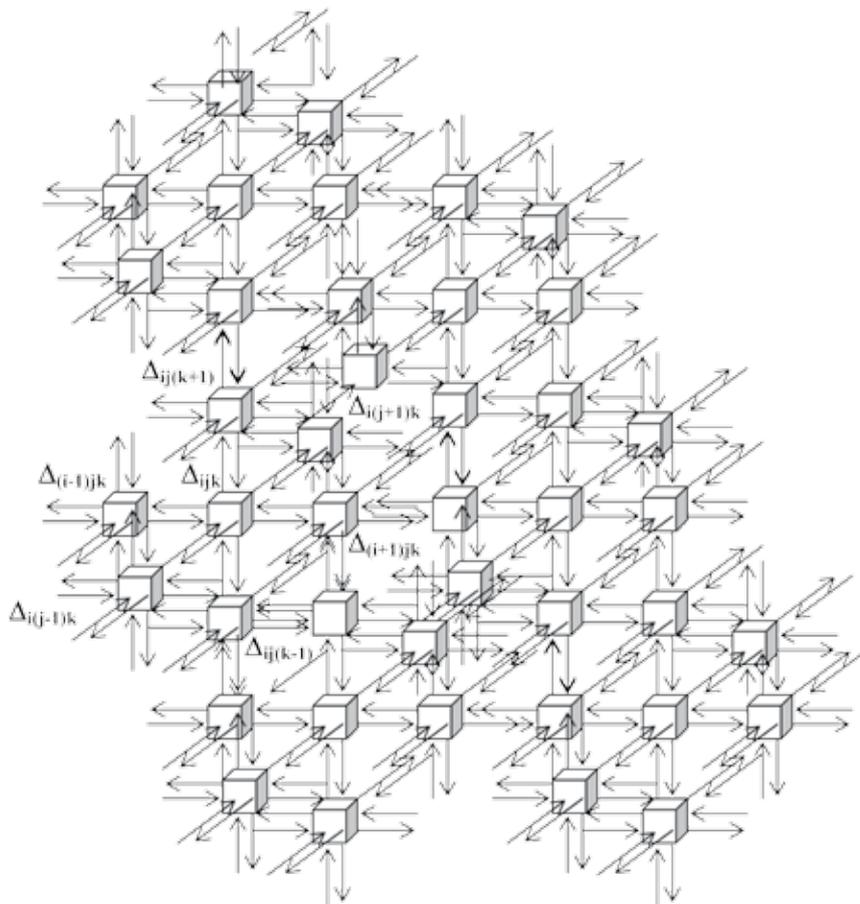


Рис. 1. Фрагмент модели помещения в виде пространственной структуры клеточных автоматов

u – характеризует взаимодействие КА с его ближайшими соседями:

$$\Delta_{i,j,k}^{\tau+1} = f(u(\Delta_{i,j,k}^{\tau}));$$

$$u(\Delta_{i,j,k}) =$$

$$= \{ \Delta_{i_1,j_1,k_1} \in M : |\Delta_{i,j,k} - \Delta_{i_1,j_1,k_1}| = 1 \} \quad (15)$$

или

$$u(\Delta_{i,j,k}) = \left\{ \begin{array}{l} \Delta_{i+1,j,k}, \Delta_{i-1,j,k}, \Delta_{i,j+1,k}, \\ \Delta_{i,j-1,k}, \Delta_{i,j,k+1}, \Delta_{i,j,k-1} \end{array} \right\}.$$

Состояние единичного объема в плане пожарной опасности определяется:

- координатами в трехмерном пространстве помещения;
- собственными характеристиками;
- зависимостью от характеристик соседних единичных объемов;
- временной характеристикой («шагом времени»).

Множество характеристик единичных объемов структурированы следующим образом.

Все единичные объемы разделены в зависимости от того, является ли объем преградой на пути распространения жидкости и газа или нет. Если «да», то единичный объем – материальное тело и может быть ГМВ, ИЗ или негорючим материальным телом (будем считать, что пожарная опасность в единич-

ном объеме, если в нем нет ГМВ и ИЗ, всегда равна 0). Если «нет», то единичный объем принадлежит свободному пространству помещения, в нем находится воздух, и его объем могут занимать ГМВ при их распространении.

Если единичный объем – материальное тело и ГМВ, то он может постоянно занимать это место (быть стационарным) или находиться в нем периодически (быть перемещаемым); иметь открытую поверхность, соприкасающуюся с воздухом, или находиться в герметичной оболочке; быть твердым, жидким и газообразным. Для газообразных и жидких ГМВ следует выделить особое состояние единичного объема, когда он является источником поступления ГМВ в помещение.

Если единичный объем – материальное тело и ИЗ, то он может постоянно занимать это место (быть стационарным) или находиться в нем периодически (быть перемещаемым); соприкасаться со свободным пространством помещения или находиться в защитной оболочке, т.е. быть открытым огнем, электрической дугой, искрами или нагретой поверхностью.

Влияние характеристик соседних единичных объемов заключается в следующем. Если единичный объем является источником жидкого ГМВ, а сосед его

снизу – свободное пространство помещения, то на очередном шаге времени он также становится этим ГМВ (соответствует физическому процессу – падение струи). Если сосед снизу – преграда, то в этом случае ГМВ становится сосед сбоку (соответствует физическому процессу – растеканию жидкости). Если слой единичных объемов заполняется полностью, то ГМВ становится сосед сверху у каждого единичного объема, находящегося по периметру и граничащего с преградой (соответствует физическому процессу – подъему уровня). Если единичный объем является источником газообразного ГМВ, то на каждом временном шаге все соседи, являющиеся свободным пространством, становятся этим ГМВ и т.д.

В конечном счете, распространение ГМВ в пространстве помещения или перемещение ГМВ или ИЗ приводит к тому, что соседними единичными объемами оказываются ГМВ и ИЗ. В этом случае сравниваются такие характеристики ГМВ и ИЗ, как температуры начала тления (для твердых ГМВ), воспламенения (для твердых и жидких ГМВ), вспышки (для газообразных ГМВ) и температура ИЗ. Близкие значения или превышение температуры ИЗ означает, что в этом месте возникла пожарная опасность. Состояние КА с координатами i, j, k на τ временном шаге будем определять как

$$\Delta_{i,j,k}^{\tau} = R \times T,$$

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_{10,1}, \dots, r_{10,n}\}; \quad (16)$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_{4,1}, \dots, t_{4k}\},$$

где $r_1 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие твердого тела; $r_2 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие жидкого тела; $r_3 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие газообразного тела; $r_4 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие негорючего вещества; $r_5 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие горючего вещества; $r_6 = \{1,0\}$ – характеризует присутствие горючего вещества в герметичной оболочке; $r_7 = \{1,0\}$ – характеризует постоянное местоположение; $r_8 = \{1,0\}$ – характеризует переменное местоположение; $r_9 = \{1,0\}$ – характеризует первоначально свободное пространство; $r_{10,1} = t_{a_1}^{0,0,2}$ – температура возгорания a_1 горючего вещества; ..., $r_{10,n} = t_{a_p}^{0,0,2}$ – температура возгорания a_p горючего вещества; $t_1 = \{1,0\}$ – характеризует наличие потенциального источника зажигания; $t_2 = \{1,0\}$ – характеризует наличие открытого пламени; $t_3 = \{1,0\}$ – характеризует наличие электродуги и искр; $t_{4ij} = f(H_{ije}(\Phi))$ – температура j -й нагретой поверхности i -го оборудования при e -м режиме работы в момент времени τ .

Разработанный комплекс показателей позволяет учесть в единой модели характеристики как ГМВ, так и температурного поля помещения.

Условия пожароопасного состояния $\Delta_{i,j,k}$ КА будут иметь вид:

$$Z_{\Delta_{jk}} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i,j,k}} \right]; \\ 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i,j,k}} \right]; \\ 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i+1,j,k}} \right]; \\ 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i,j,k}} \right]; \\ 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i,j,k-1}} \right]; \\ 1, \text{ если } \{r_5=1\}_{\Delta_{i,j,k}} \wedge \\ \wedge \left[\left[(r_{10} \leq t_4) \vee (t_2=1) \vee (t_3=1) \right]_{\Delta_{i,j,k+1}} \right]; \\ 0 \text{ в противном случае.} \end{array} \right. \quad (17)$$

Описанная выше модель позволяет: определять изменение состояния клеточного автомата (пожароопасное или не пожароопасное), отслеживать распространение газообразных и жидких горючих веществ, учитывать изменение температурного поля в зависимости от режимов работы оборудования. Время в модели изменяется дискретными шагами. На каждом временном шаге клеточный автомат вычисляет свое состояние в соответствии с алгоритмом, который учитывает предыдущие состояния как его самого, так и шести ближайших соседей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Прохоренков С. И. Охранно-пожарные системы: проектирование и моделирование в CADdy // Компьютер-пресс. – 1997. – № 3. – С. 255–260.
2. Клир Д. Абстрактное понятие системы как методологическое средство: Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969.
3. Greenspan D. Discrete Models. Addison. – Wesley, Reading, Massachusetts, 1973.
4. Greenspan D. An arithmetic, particle theory

- of fluid mechanics // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 1974. – № 3. – P. 293–303.
5. Greenspan D. A completely arithmetic formulation of classical and special relativistic physics // International J. of General Systems. – 1978. – Vol. 4. – № 2. – P. 105–112.
 6. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – 382 с.
 7. Тoffоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
 8. Варшавский В. И. Коллективное поведение автоматов. – М.: Наука, 1973. – 408 с.
 9. Айзерман М. А. и др. Логика. Автоматы. Алгоритмы. – М.: Физматгиз, 1963.
 10. Yepez J., Seeley G.P., Margolus N.H. Lattice-Gas Automata Fluids on Parallel Supercomputers. – Us Air Force, Phillips Laboratory, Hanscom Field, Massachusetts, 1993.
 11. Toffoli T. Non-Conventional Computers. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. // J. Webster ed. – Wiley & Sons, 1998.
 12. Yepez J., Seeley G.P., Margolus N.H. Lattice-Gas Automata Fluids on Parallel Supercomputers. – Us Air Force, Phillips Laboratory, Hanscom Field, Massachusetts, 1993. ■

Траектории судов на водных путях обычно представляют собой прямые линии со связывающими их дуговыми окружностями. Область допустимого движения судна представляет собой некоторую окрестность этих траекторий. В простейшем варианте прямолинейного движения места размещения лазерных маяков и законы сканирования их лучей могут быть однозначно определены относительно просто [1–3]. В общем случае решение задачи проводки судов по прямолинейным и криволинейным траекториям фарватера достаточно сложно.

Для проводки судов необходимо обеспечивать выполнение следующих условий:

1. В пределах зоны ориентирования в течение одного периода сканирования лучей должна надежно регистрироваться только одна пара проблесков – по одному от каждого маяка. Это требование обеспечивает однозначность восприятия сигналов лазерной навигационной системы.

2. Углы сканирования лазерных сканирующих маяков (ЛСМ) определяются конструктивными параметрами отклоняющей системы и не должны превышать определенных величин, обычно в пределах 5 угл. град.

3. Для обеспечения постоянства скорости сканирования лучей по углу места и минимизации требуемой мощности источника излучения скорость движения лучей маяков в азимутальном на-

правлении по траектории судна должна быть максимально приближена к равномерной.

4. Из-за застроенности береговой зоны и для удобства размещения и обслуживания ЛСМ должны устанавливаться в достаточно узкой области вблизи береговой линии.

5. Угловое расстояние между маяками (при максимальном удалении от места их установки) не должно быть меньше углового разрешения приемника, поскольку оба маяка должны наблюдаться раздельно, если иное не оговорено особо. Очевидно, что маяки должны одновременно находиться в поле зрения наблюдателя.

6. Расстояние между маяками должно быть по возможности минимальным и не превышать некоторого расстояния, обусловленного конструктивными особенностями навигационной системы.

7. Для обеспечения безопасности плавания зона ориентирования по синхронным сигналам лазерных маяков должна содержаться внутри фарватера;

8. Расстояние от ЛСМ до зоны ориентирования не должно превышать расчетной дальности ЛСМ, обычно около 15 км в ночных условиях плавания;

9. На кромках судового хода временной интервал между наблюдаемыми проблесками не должен быть меньше

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ПО КРИВОЛИНЕЙНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ

П. И. Малеев, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник ОАО «ГНИНГИ»,
С. М. Слободян, д-р техн. наук,
 проф. Томского политехнического университета,
А. А. Цутин, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник ОАО «ГНИНГИ»,
В. А. Цутин, канд. физ.-мат. наук,
 доцент Финансового университета Правительства РФ,
 контакт. тел. (812) 327 9980

времени инерции зрения наблюдателя (50 мс), либо постоянной времени фотоприемника (менее 10^{-3} с).

Определение мест размещения лазерных маяков с учетом указанных ограничений можно свести к определению точки расположения минимума некоторой целевой функции в многомерной, невыпуклой и не односвязной области. Рассмотрим математическую формулировку этой задачи (рис. 1).

Выполнение условия п. 1 сводится к тому, что лазерные маяки могут располагаться только в областях G и Ω , ограниченных касательными l_1 и l_2 к траектории движения, проведенными в ее крайних точках S и V .

Требование п. 2 означает, что область допустимого расположения маяков находится вне объединения областей, ограниченных окружностями R_1 и R_2 – которые определяют как геометрическое место точек и из которых отрезок SV виден под углом α .

Следует отметить, что при сканировании лучей в одном направлении оба маяка должны располагаться либо в области G , либо в Ω . Если же лучи движутся навстречу друг другу, то маяки располагаются в разных областях, что вместе с требованием п. 3 практически означает прямолинейность траектории SV .

Обозначим через $z(x)$ функцию, область неотрицательных значений которой совпадает с внешней частью указанного выше объединения, тогда условие п. 2 эквивалентно неравенству $z(x) \geq 0$, так что

$$R = \{x \in R_1 \cup R_2, x \in R^2 \mid z(x) \geq 0\},$$

где $z(x) = (z_1, \dots, z_k)(x) \in C$.

Выполнение условий п. 3 и п. 7 накладывает ограничения на минимальное расстояние между маяками. Ширина зоны ориентирования определяется инерцией зрения наблюдателя (либо постоянной времени фотоприемника) и величиной расходимости излучения ЛСМ.

Пусть $y \in R^2$ и $z \in R^2$ обозначают места расположения маяков, F – граница фарватера, Q – некоторая точка на границе фарватера F (рис. 2). Расстояние между маяками ограничено некоторым значением (п. 6).

$|y - z| \leq L_0$,
где L_0 – заданное ограничение по расстоянию между маяками.

Расстояние от дальней точки наблюдения Q до места расположения маяков также ограничено (п. 8):

$$|Q - z| \leq D_0, |Q - y| \leq D_0,$$

где D_0 – расстояние до удаленной точки фарватера.

Береговая зона допустимого расположения маяков также может быть описана с помощью некоторой функции и условия $P(x) \leq 0$.

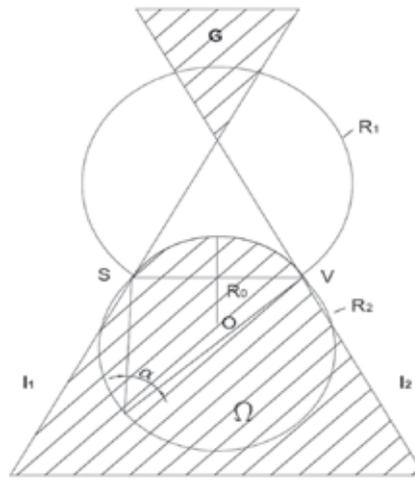


Рис. 1. Схема для определения мест размещения лазерных маяков

SV – траектория судна, представляющая собой дугу окружности радиусом R_0 ; l_1 и l_2 – касательные к окружности в точках S и V ; G и Ω – области расположения ЛМ; окружности R_1 и R_2 представляют собой геометрическое место точек, определяемое физиологией зрения наблюдателя (угол α)

Интервал времени между моментом окончания приема сигнала от маяка y и моментом начала приема сигнала от маяка z зависит от углового расстояния между маяками γ , отклонения траектории от центральной линии фарватера, угла расходимости луча β , скорости движения лучей по центральной линии и должно быть больше времени инерции глаза. Это также нелинейное условие, которое нетрудно представить в виде некоторого неравенства.

Наконец, в качестве целевой функции можно выбрать функцию, пропорциональную расстоянию между маяками $|y - z|$ и расстоянию до удаленной точки фарватера $|Q - z|, |Q - y|$.

Целевую функцию для поиска места расположения маяков можно выбирать разными способами. Например, просто как минимум $|y - z|$ или, учитывая расстояние между маяками,

$$A|z - y| + B(|Q - y| + |Q - z|)$$

с некоторыми весовыми коэффициентами A и B .

Данная задача поиска минимума, несмотря на простой вид целевой функции, является весьма сложной, поскольку область допустимого значения аргумента не является ни выпуклой, ни односвязной, более того, согласно п. 3 она предполагает решение дополнительных задач.

Помимо вышперечисленных факторов необходимо учитывать влияние неравномерности экспозиции освещенности (энергетической экспозиции) в поперечном сечении дальней зоны на глаз наблюдателя или фотоприемное устройство.

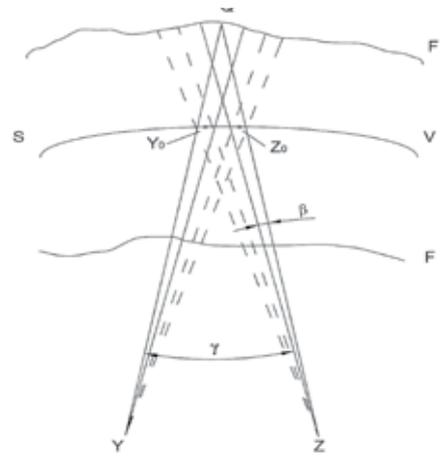


Рис. 2. Схема для определения мест размещения лазерных маяков

SV – траектория судна; F – граница зоны ориентирования (фарватера); Q – точка касания границ фарватера лучами маяков; β – расходимость лучей маяков; Y_0 и Z_0 – точки пересечения биссектрис углов β с траекторией SV ; γ – угловое расстояние между маяками. Пунктиром обозначены лучи маяка $Z(Y)$ в момент времени, соответствующий прохождению луча маяка $Y(Z)$ точки Y_0 (Z_0)

Возникновение данной неравномерности экспозиции связано с различными факторами, как природного происхождения, так и особенностями функционирования навигационных систем объекта при формировании криволинейных траекторий.

В приведенных выше расчетах предполагалось, что энергетическое освещение, производимое источником излучения постоянно, вне зависимости от удаления от места установки ЛС. Однако в общем случае оно зависит не только от удаления, но и от закона сканирования и положения наблюдателя в различных точках поперечного сечения рабочей зоны створа.

В качестве базовых можно предложить следующие исходные требования для выбора законов сканирования лучей:

- проблески от ЛСМ должны четко наблюдаться в любой точке рабочей зоны створа;
- яркость проблесков по ширине рабочей зоны должна быть одинаковой.

В качестве простейшей модели рассмотрим луч, энергетическая сила света которого имеет вид гауссовской кривой [4]:

$$\rho = \rho_0 \exp(-\alpha^2/\delta^2),$$

где ρ_0 – максимальная величина энергетической силы света; α – угловое расстояние от центра луча; δ – параметр, характеризующий расходимость луча.

Картина заполнения рабочей зоны излучением ЛСМ представлена на рис. 3.

Здесь пунктирными линиями показано движение по рабочей зоне сечения

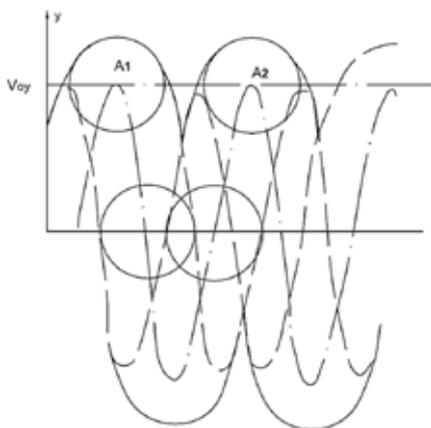


Рис. 3. К расчету законов сканирования лучей ЛСМ

луча, которое проведено по определенному уровню расходимости V_{oy} , исходя из энергетических соображений. Для выполнения первого требования необходимо, чтобы на уровне V_{oy} происходило по крайней мере касание сечений лучей A_1 и A_2 .

В более сложных случаях следует учитывать реальную картину излучения в дальней зоне, которая наряду с основной модой может содержать моды более высокого порядка, т. е. полиномы Эрмита вида TEM_{mn} .

На практике наиболее легко реализуемыми законами сканирования лучей является равномерное движение по азимуту и синусоидальное по углу места:

$$\vartheta_x = \frac{1}{T} \vartheta_{ox} t, \quad \vartheta_y = \frac{1}{2} \vartheta_{oy} \sin \omega t,$$

где ϑ_x – угол, отсчитываемый по азимуту от границы рабочей зоны; ϑ_y – угол, отсчитываемый по углу места от направления β_n – биссектрисы створной зоны; ω – частота вертикального сканирования. Наблюдатель находится в некоторой точке пространства с координатами ϑ_{ox} и ϑ_{oy} .

В этом случае величина силы излучения для каждой моды имеет вид

$$\rho = \rho_0 \Psi_m(\vartheta_x) \Psi_n(\vartheta_y),$$

где ρ_0 – максимальное значение величины силы излучения;

$$\Psi_m(\vartheta) = H_m(k\vartheta) \exp(-k^2 \vartheta^2),$$

где k – параметр, характеризующий конкретный вид распределения; m – номер полинома Эрмита.

Выражение для энергетической экспозиции [5, 6] следующее:

$$H = \frac{1}{D^2} \int_0^{t_{\text{exp}}} \rho(t) dt,$$

где $\rho(t)$ – изменяющаяся во времени сила излучения; D – дальность до места установки ЛСМ.

Варьируя параметрами закона сканирования и задавая величине неравномерности энергетической экспозиции в поперечном сечении рабочей зоны, можно найти требуемую частоту сканирования.

Расчеты в пакете прикладных программ MatLab показали, что даже при сканировании пучком с TEM_{00} модой, неравномерность энергетической экспозиции в различных точках поперечного сечения достигает 30–40%, а при сканировании пучками с модами более высокого порядка TEM_{mn} при m и n существенно больше 1 указанная неравномерность экспозиции может превышать 50%, что требует использования более высоких мощностей излучения.

Результаты интегрирования с близкими к реальным параметрами можно представить в виде распределения энергетической экспозиции в поперечном сечении рабочей зоны (рис. 4).

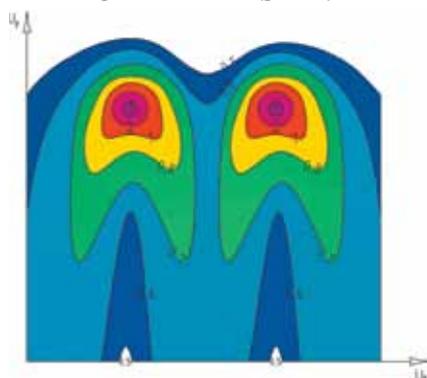


Рис. 4. Вид распределения энергетической экспозиции в поперечном сечении рабочей зоны (верхняя полуплоскость, один период сканирования луча по горизонтали)

ϑ_x – угол, отсчитываемый по горизонтали от границы рабочей зоны; ϑ_y – угол, отсчитываемый по вертикали от направления β_n – биссектрисы створной зоны; среднее значение экспозиции освещенности принято за 1

В заключение следует отметить, что задача проводки кораблей по криволинейным траекториям может возникать не только в традиционных слу-

чаях на обычных фарватерах, но и при ориентировании беспилотных надводных средств и спецсредств, особенно при антитеррористических операциях охраны морских платформ, осуществлении спецопераций кораблями ВМФ, проведении десантных операций и операций минирования и разминирования.

Следует также отметить, что в связи с интенсивным развитием лазерных средств навигационного оборудования Международная ассоциация маячной службы (МАМС, IALA) рекомендует в морской навигации для визуальных СНО в качестве перспективных источников света использовать зеленые твердотельные (на АИГ–Nd:YAG) и красные полупроводниковые (GaAs) лазеры, что обусловлено их относительно высокой мощностью и большим дальностью действия [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Цупин А.А., Слободян С.М. Лазерные средства навигационного оборудования для ориентирования подвижных объектов: Монография. – М.: Мэйлер, 2013. – 166 с.
2. Авт. С. № 52728 (СССР) Светооптический маячный аппарат/Малеев П.И., Смолен Г.А.и др. – Приоритет от 16.07.1969.
3. Патент 1420816 СССР, МКИ В 63 В 49/00. Оптическая система проводки судов /Ю.Н. Громов, А.А. Данилов, А.П. Евтеев, А.В. Рожанец, В.Г. Савельев, А.А. Цупин. – Заявл. 14.01.87, № 4180537, 4 с. Зарегистр. в ГРИ СССР 01.05.1988 г. Изменение внесено в Госреестр изобр. СССР 23.04.1992.
4. Якушенко Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: Учеб. для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 1999. – 480 с.
5. Цупин А.А. Определение дальности видимости проблесковых огней лазерных створов и маяков //Записки по гидрографии. – 1985. – № 214. – С. 47–51.
6. Цупин А.А. Лазерные навигационные системы для водного транспорта: дисс. ... канд. техн. наук: 05.12.20. «Оптические системы связи, локация и обработки информации» защищена 25.02.86 утв. 13.08.86/ Моск физ.-техн. ин-т. – М., 1986, 158 с.
7. Ма-лы конференции МАМС «Источники света, используемые в визуальных средствах навигации», май 2008, с. 21; «Инструкция № 1043» Onlight Sources used in Visual Aids to Navigation. – IALA Guideline № 1043, May 2008. Laser p.21. ■

К 85-ЛЕТИЮ П.И. МАЛЕЕВА

В. Ю. Бахмутов, канд. военных наук, начальник отдела ОАО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 327 9980

4 августа 2014 г. исполнилось 85 лет капитану 1 ранга в отставке, доктору технических наук, старшему научному сотруднику, действительному члену Международной академии навигации и управления движением, ветерану подразделений особого риска, эксперту Аналитического Центра при Правительстве РФ Павлу Ивановичу Малееву.

Родился Павел Иванович 4 августа 1929 г. в селе Сорочинское Урицкого района Кустанайской области. Окончил в 1952 г. физико-математический факультет Государственного университета в г. Алма-Ата.

Для скорейшего решения стоящих задач Правительством СССР было принято постановление об открытии в Военно-морской академии кораблестроения и вооружения им. А. Н. Крылова специальных Курсов переподготовки физиков и математиков, окончивших университеты страны, по требуемым флоту специальностям. На эти курсы (на факультет радиосвязи) в мае 1952 г. был направлен и Павел Иванович Малеев, призванный в ряды военно-морского флота в звании лейтенанта.

В эти же годы на вооружение армии и флота стало поступать ядерное оружие. Появилась необходимость открытия в академии и военно-морских училищах новых дисциплин по изучению этого оружия. Павел Иванович Малеев (после завершения учебы на Курсах) был переориентирован на работу преподавателем. В ноябре 1953 г. он был назначен преподавателем в Высшее военно-морское училище инженеров оружия г. Ленинграда, где прослужил до 1960 г.

В 1957 г. Павел Иванович принимал непосредственное участие в испытаниях ядерного оружия на Новой Земле.

В 1960 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В том же году в связи с расформированием училища вместе с факультетом был переведен в Каспийское высшее военно-морское училище г. Баку на должность старшего преподавателя, где прослужил до сентября 1962 г.

В период преподавательской деятельности им самостоятельно и в соавторстве написаны и изданы четыре учебника для курсантов высших военно-морских училищ: «Сборник задач на энергетические свойства ядер и радиоактивность» (1955 г.), «Основы ядерной физики» (1960), «Основы теории ядерных реакторов» (1962 г.), «Корабельные специальные энерге-



тические установки» (1962 г.) и монография «Детекторы ядерных излучений» (1961 г.).

В сентябре 1962 г. в судьбе и деятельности Павла Ивановича Малеева произошел новый поворот: он был переведен на научную работу в Научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт (ГНИНГИ) Министерства обороны СССР (г. Ленинград), где ему было поручено вести исследования по созданию гироскопов на новых физических принципах, эффектах и явлениях для высокоточных инерциальных навигационных систем подводных лодок. В последующие годы диапазон научных исследований Павла Ивановича был значительно расширен.

В этом институте он трудится уже более 50 лет, пройдя путь от младшего научного сотрудника в звании капитан-лейтенанта до капитана 1 ранга – начальника одного из ведущих отделов института (с 1976 по 1987 г.), а затем (после увольнения в запас по возрасту с 1987 г. и по настоящее время) – ведущего научного сотрудника – научного редактора двух журналов: «Навигация и гидрография» и «Научно-технический сборник трудов ГНИНГИ».

Павел Иванович внес и продолжает вносить значительный вклад в развитие средств навигации.

В 1966 г. он занял должность старшего научного сотрудника по специ-

альности «Технические средства навигации».

На протяжении всей службы в институте он возглавлял группу специалистов, осуществляющих поиск возможных путей создания средств навигации на новых физических принципах, явлениях и эффектах. В 2002 г. защитил диссертацию, получив ученую степень доктора технических наук. Он – автор более 300 научных работ, из них более 250 печатных, включая 6 монографий, и 42 свидетельств на изобретения и патенты. С 1997 г. – Ветеран труда, член Диссертационного совета при институте.

Наиболее существенный вклад Павел Иванович внес в развитие гироскопических приборов, измерителей скорости и глубины, в повышение точности и скрытности работы навигационных комплексов подводных лодок. Его монография «Новые типы гироскопов», изданная в 1971 г., не потеряла актуальность и в настоящее время. Разработанный и прошедший под его председательством государственные испытания ряд эхолотов «Малога» из пяти модификаций успешно эксплуатируется на кораблях и судах флота. Созданный при его военно-научном сопровождении электростатический гироскоп является одним из основных элементов, обеспечивающих требуемую точность средств навигации стратегических подводных лодок.

С 2012 г. он – эксперт Аналитического Центра при Правительстве РФ. С мая 2004 г. – академик Международной академии навигации и управления движением. С 2011 г. – председатель секции «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология» Международного и Российского научно-технического общества судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. Член «Инновационного Комитета судостроителей», а также редколлегии журнала «Морской вестник».

В 2005 г. имя П. И. Малеева включено в словарь «Знаменитые люди Санкт-Петербурга», где отражены биографии 2000 известных деятелей за всю 300-летнюю историю Санкт-Петербурга, в 2008 г. – в словарь «Знаменитые люди Северного флота», где приведены краткие биографии руководителей ВМФ, ученых и других выдающихся деятелей Северного флота России. ■

Международная морская организация (International Maritime Organization) – это международная межправительственная организация, являющаяся специализированным учреждением ООН.

Деятельность ИМО направлена на борьбу с проявлениями дискриминационных действий, затрагивающих международное морское судоходство, а также на принятие норм по обеспечению безопасности на море и предотвращению загрязнения с судов окружающей среды.

ИМО является форумом, в рамках которого государства – члены этой организации обмениваются информацией, обсуждают правовые, технические и иные проблемы, затрагивающие индустрию морского судоходства.

Начало деятельности ИМО было положено 6 марта 1948 г. на конференции, состоявшейся в Женеве под эгидой ООН, когда была принята Конвенция об ИМО.

До момента вступления в силу этой Конвенции 17 марта 1958 г. ИМО была консультативной организацией (Международная морская консультативная организация – ИМКО), а после и до наших дней в полной мере стала выполнять возложенные на нее функции.

Инаугурационное заседание ИМО прошло в Лондоне в 1959 г. Цели организации как специализированного агентства ООН заключаются главным образом в том, чтобы «обеспечивать механизм сотрудничества правительств в области правительственного регулирования и практики в технических вопросах любого рода, затрагивающих международное торговое судоходство, поощрять и содействовать всеобщему принятию наиболее высоких из практически осуществимых стандартов в вопросах безопасности на море, эффективности судоходства, предотвращения и взятия под контроль загрязнения моря с судов». Организация также имеет полномочия заниматься административными и юридическими вопросами, относящимися к области ее деятельности.

2014 год в ИМО начался с коренной перестройки внутренней структуры Подкомитетов. Вместо девяти существовавших прежде (BLG, COMSAR, DE, DSC, FP, SLF, FSI, STW, NAV) в новой структуре их осталось семь (ССС, НТВ, III, NCSR, PPR, SDC, SSE).

Основной проблемой устаревшей модели была неравномерная загрузка. Структура оставалась неизменной при менявшихся год от года реалиях работы ИМО. Это привело к тому, что в ряде Подкомитетов количество рассматриваемых документов составляло два-три десятка. В то же время, например, на Подкомитете DE (Подкомитет по проек-

ИМО-2014 - ПОВОРОТНЫЙ МОМЕНТ В РАБОТЕ ОРГАНИЗАЦИИ. ПО МАТЕРИАЛАМ РЕШЕНИЙ ИМО

С. Ф. Легуша, гл. специалист ФАУ «Российский морской регистр судоходства», координатор работ РС по линии ИМО, контакт. тел. (812) 312 3569



тированию и оборудованию судов) их количество часто превосходило полторы сотни, что мешало внимательному рассмотрению документов и порой приводило к переносу на следующие сессии.

В новой структуре круг ведения каждого Подкомитета сбалансирован под современный круг запросов родительских Комитетов.

Рассмотрим более подробно круг ведения Подкомитетов новой структуры.

Подкомитет по перевозке грузов и контейнеров (ССС) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, относящиеся к следующим областям:

- эффективная реализация соответствующих конвенций, кодексов и других документов, обязательных или рекомендательных, в зависимости от случая, связанных с грузовыми операциями, которые включают опасные грузы в упаковке, навалочные грузы, наливные грузы газа и контейнеры;
- оценка безопасности и опасностей загрязнения опасных грузов в упаковке, навалочных грузов и грузов газа;
- освидетельствование судов, перевозящих опасные грузы, и выдача им свидетельств;
- дальнейшее совершенствование культуры безопасности и охраны, а также осознание экологических проблем во всех грузовых и контейнерных операциях;
- сотрудничество с другими соответствующими органами ООН, МПО и НПО по вопросам международных стандартов, относящихся к контейнерам и грузовым операциям.

Подкомитет по человеческому фактору, подготовке и несению вахты (НТВ) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, отно-

сящие к следующим областям:

- минимальные международные стандарты подготовки и дипломирования моряков;
- принципы безопасного несения вахты;
- минимальные международные стандарты подготовки и дипломирования персонала рыболовных судов;
- культура безопасности, охраны на море и защиты окружающей среды во всех судовых операциях;
- обзор принципов безопасного укомплектования судов экипажами и вопросов подготовки, относящихся к человеческому фактору, с учетом технологических, организационных и социальных разработок;
- распространение информации об уроках, извлеченных из анализа сообщений и информации об авариях и инцидентах;
- анализ, корректировка и пересмотр типовых курсов ИМО;
- распространение и осуществление стратегии организации по человеческому фактору, включая цепочку ответственности в вопросах безопасности и охраны на море и защиты окружающей среды;
- координация с соответствующими органами ООН, межправительственными организациями и неправительственными организациями по международным стандартам, касающимся подготовки и дипломирования моряков;
- пересмотр/разработка соответствующих рекомендаций, относящихся к вопросам подготовки моряков, таким как безопасность и охрана на море и защита морской окружающей среды.

Подкомитет по осуществлению документов ИМО (III) будет рассматривать технические и эксплуатационные

вопросы, относящиеся к следующим областям:

- всесторонний обзор прав и обязательств государств, вытекающих из договорных документов ИМО;
- оценка, мониторинг и анализ текущего уровня осуществления документов ИМО государствами в качестве государств флага, порта и прибрежных государств и стран, в которых проходит подготовка членов командного состава и экипажей, а также выдача им дипломов, с целью выявления областей, где у государств могут иметься трудности в полном их выполнении;
- выявление причин возникновения трудностей в осуществлении положений соответствующих документов ИМО с учетом любой соответствующей информации, собранной среди прочего посредством оценки деятельности, расследования аварий и инцидентов на море и данных контроля судов государством порта (КСГП), уделяя особое внимание выявленным трудностям, с которыми сталкиваются развивающиеся страны;
- анализ предложений по оказанию помощи государствам в осуществлении и соблюдении документов ИМО посредством разработки соответствующих документов, руководств и рекомендаций, имеющих и не имеющих обязательной силы, для соответствующего рассмотрения комитетами;
- анализ отчетов о расследовании аварий и инцидентов на море и поддержание эффективного, всестороннего, основанного на знаниях механизма для оказания помощи при выявлении тенденций и в процессе разработки норм ИМО;
- анализ стандартов ИМО по безопасности и охране на море и защите морской среды с целью поддержания откорректированных и гармонизированных руководящих указаний по требованиям, относящимся к освидетельствованиям и выдаче свидетельств;
- способствование глобальной гармонизации деятельности в рамках КСГП.

Подкомитет по мореплаванию, связи и поиску и спасанию (NCSR) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, относящиеся к следующим областям:

- обязательства правительств и эксплуатационные меры, относящиеся к безопасности мореплавания, включая гидрографические и метеорологические службы, установление путей движения судов, системы подачи судовых сообщений, средства нави-



- гационного ограждения, радионавигационные системы, службы управления движением судов и лоцманскую проводку, включая роль таких мер для защиты морской окружающей среды;
- эксплуатационные требования и руководства, относящиеся к безопасности мореплавания и связанным с ней вопросам, таким как правила предупреждения столкновений и посадки на мель, процедуры на мостике, планирование рейса, избегание опасных ситуаций, места убежища, включая службы спасания на море и соответствующие аспекты охраны на море;
- требования о наличии на судне судового навигационного оборудования, эксплуатационные требования к нему и руководство по эксплуатации такого оборудования, а также другие навигационные требования, включая конструкцию мостика, видимость с ходового мостика и устройства для передачи лоцмана;
- обязательства правительств и эксплуатационные меры, относящиеся к Глобальной морской системе связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ), в частности, вопросы, относящиеся к генеральному плану ГМССБ;
- обязательства правительств и эксплуатационные меры, относящиеся к разработке и поддержанию глобального плана CAP (Международного плана поиска и спасания на море);
- обязательства правительств и эксплуатационные меры, относящиеся к Системе опознавания судов и слежения за ними на дальнем расстоянии (Long Range Identification and Tracking of ships – LRIT);
- эксплуатационные требования и руководства, относящиеся к радиосвязи, поиску и спасанию, такие как

эксплуатационные меры безопасности, относящиеся к морской подвижной радиосвязи и охране, включая LRIT, положения о службах информации по безопасности на море (ИБМ), касающиеся эксплуатационной и технической координации, в сотрудничестве с Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) – гармонизация процедур авиационного и морского поиска и спасания, включая вопросы подготовки CAP, а также процедуры направления информации о бедствии в ГМССБ;

- требования о наличии на судне судового оборудования радиосвязи и оборудования по поиску и спасанию, эксплуатационные требования и эксплуатационное руководство по использованию такого оборудования;
- вопросы морской подвижной радиосвязи и связь с техническими органами Международного союза электросвязи (ITU) по этим вопросам.

Подкомитет по предотвращению загрязнения и реагированию (PPR) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, относящиеся к следующим областям:

- предотвращение загрязнения морской среды с судов и в результате других соответствующих морских операций и контроль за таким загрязнением;
- безопасная и экологически рациональная утилизация судов;
- оценка угрозы безопасности и загрязнения от жидких веществ, перевозимых наливом на судах;
- контроль и управление вредными водными организмами в балластных водах и осадках судов, а также биообрастание;
- готовность, реагирование и сотрудничество в случае загрязнения

нефтью и опасными и вредными веществами.

Подкомитет по проектированию и конструкции судна (SDC) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, относящиеся к следующим областям:

- проектирование, конструкция, деление на отсеки и остойчивость, плавучесть, мореходные характеристики и меры, включая вопросы эвакуации, для всех типов судов и подвижных установок, охватываемых документами ИМО;
- испытание и одобрение конструкции и материалов;
- вопросы грузовой марки;
- вопросы обмера;
- безопасность рыболовных судов и рыбаков;
- освидетельствование и выдача свидетельств.

Подкомитет по судовым системам и оборудованию (SSE) будет рассматривать технические и эксплуатационные вопросы, относящиеся к следующим областям:

- системы и оборудование, включая механические и электрические установки, для всех типов судов и подвижных установок, охватываемых документами ИМО;
- испытание и одобрение систем и оборудования;

- спасательное оборудование, средства и устройства;
- анализ отчетов об авариях и инцидентах, относящихся к судовым системам и оборудованию.

Начало 2014 г. принесло перемены не только во внутреннюю структуру ИМО, но и в подходы самой организации к продвижению результатов своей деятельности. Генеральный секретарь ИМО Коджи Секимицу объявил новый курс на глобальное и продуктивное осуществление всех конвенций ИМО.

Общезвестно, что множество одобренных конвенций, разработанных в ИМО и одобренных участниками различных конференций, по тем или иным причинам еще не вступили в силу. Причем сроки порой переносятся на десятилетия, а документы, на которые были затрачены усилия и средства, до сих пор так и не начали приносить пользу.

Генеральный секретарь призвал всеми возможными способами привлечь внимание к одобренным, но не действующим документам и объявил тему Всемирного дня моря 2014 г. – «Конвенции ИМО: эффективное осуществление». В ИМО празднование Всемирного дня моря в этом году состоится 25 сентября. По традиции параллельно с церемонией в ИМО будут проводиться национальные церемонии в разных странах по инициативе Морских администраций.

На сегодня основными проблемными документами являются:

- Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. (BWM Convention 2004);
- Гонконгская Международная конвенция о безопасной и экологической рациональной утилизации судов (2009) (HONG KONG Convention);
- Протокол 1993 г. к Торремолиносской международной конвенции о безопасности рыболовных судов (SFV Protocol 1993);
- Кейптаунское соглашение 2012 г. об осуществлении положений Торремолиносского Протокола 1993 г. к Торремолиносской Международной Конвенции по безопасности рыболовных судов 1977 г. (Cape Town Agreement 2012), а также ряд других конвенций и некоторых поправок, требующих дополнительного присоединения (например, поправки 1993 г. к Международной конвенции по безопасным контейнерам 1972 г.) ■



В честь столетия Научно-технического совета Российский морской регистр судоходства объявил конкурс на лучшую научную разработку, внедренную в нормативные документы. Награда вручается ежегодно. Рассматриваются работы по приоритетным направлениям развития нормативной базы Регистра. При определении кандидатов и победителей учитывается комплекс факторов, характеризующих научное исследование, в том числе: актуальность; научная новизна; объем внедрения; презентация результатов в научных изданиях, участие в форумах, конференциях, семинарах и иных публичных мероприятиях.

Получателями награды могут быть члены авторского коллектива исполнителей, ответственных за выполнение НИР и внедрение результатов. В авторский коллектив могут быть включены как работники организаций, выполнивших НИР по заказу Регистра, так и работники Регистра.

Результаты проведения конкурса работ, выполненных и внедренных в 2013 г., определили трех основных претендентов:

1. Совместная разработка коллектива авторов ЗАО «ЦНИИ-МФ» (А. А. Петров, Л. М. Ивано-

ва) и Главного управления Регистра (В. И. Евенко, М. А. Кутейников) на тему «Корректировка требований Правил РС к делению на отсеки и аварийной остойчивости ледоколов, судов с ледовыми подкреплениями, буксиров, земснарядов, спасательных судов и плавмаяков для приведения в соответствие с международной практикой».

2. Совместная разработка коллектива авторов Государственного морского университета им. адм. Ф. Ф. Ушакова (Н. И. Николаев, М. В. Гриценко) и Новороссийского филиала Регистра (В. Н. Заборский) на тему «Разработка рекомендаций по нормативам и методике измерения вибрации на винторулевых колонках морских судов с приводом от ДВС».

3. Совместная разработка коллектива авторов Крыловского государ-

ственного научного центра (А. В. Пустошный) и Главного управления Регистра (А. А. Сергеев, М. Ю. Иванов, А. В. Серов, Д. С. Семионичев) на тему «Разработка предложений по разделу Правил РС классификации движителей морских транспортных судов ледовых классов».

В результате рассмотрения указанных работ компетентным жюри из членов Редакционной коллегии Регистра было принято решение присудить главной приз последней из перечисленных выше работ. Обзор основных результатов, полученных в процессе исследования, будет приведен в статье в ближайшем выпуске журнала «Научно-технический сборник».

Торжественное награждение победителей состоится на юбилейном заседании Президиума Научно-технического совета Регистра. ■

КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ, ПОСВЯЩЕННЫЙ СТОЛЕТИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА РЕГИСТРА

Основами государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу [1], утвержденными 18 сентября 2008 г. Президентом РФ, определены главные цели, задачи, стратегические приоритеты и механизмы реализации политики России в этом регионе. Этим документом предусмотрено принятие «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации» [2] и обеспечения национальной безопасности, а также государственной программы развития указанного региона, что до сих пор не выполнено.

Стратегическими приоритетами государственной политики РФ в Арктике является содействие в использовании Северного морского пути (СМП) для международного судоходства под юрисдикцией России и в соответствии с ее международными договорами, модернизация и развитие инфраструктуры арктической транспортной системы. Главные цели национальной политики в регионе в этой сфере достигаются решением задач, в числе которых:

- формирование системы контроля за обеспечением безопасности судоходства, управления транспортными потоками в районах интенсивного движения судов, в том числе за счет реализации комплекса мер по поисково-спасательному обеспечению (ПСО) в Арктической зоне (АЗ) РФ;

- реструктуризация объемов грузоперевозок по СМП, в том числе за счет государственной поддержки строительства судов ледокольного, аварийно-спасательного и вспомогательного флотов, а также береговой инфраструктуры.

Стратегические цели и задачи, перспективные пути развития, а также целевые показатели повышения эффективности федеральной системы поиска и спасания на море, в том числе в АЗ, определены «Стратегией морской деятельности РФ на период до 2030 г.» (распоряжение Правительства РФ № 2205 от 8.12.10 г.)

Основными задачами повышения эффективности системы ПСО морской деятельности являются:

- комплексная модернизация и техническое перевооружение существующих сил и средств;

- совершенствование организации взаимодействия существующих сил и средств;

- создание межведомственной автоматизированной системы информационного обеспечения морских спасательных операций.

По данным Государственного морского спасательного координационного центра, за последние пять лет в поисково-спасательных районах РФ произошло более 1300 аварийных случаев, в том числе ряд кораблекрушений.

С 2009 г. по настоящее время на море произошло 17 кораблекрушений (СПБУ

О СИСТЕМЕ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВАНИЯ ПО ТРАССАМ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

В. Н. Илюхин, *д-р техн. наук, проф.,*
председатель некоммерческой организации
«Ассоциация развития поисково-спасательной техники и технологий»,
контакт. тел. (812) 927 8501

«Кольская», теплоходы «New Star», «Langeland», «Beril», «Aras-1», «Варнек», «Бешикташ», танкеры «Григорий Бугров» и «Каракумнефть», рыболовные суда «Коралнес», «Кисука», «Топаз-1», МРТК-1093, «Oriental Angel», буксир «Алексей Кулаковский», землесос «Анабар», шхуна «Партнер»), из них шесть, что составляет 35%, в северных морях РФ.

Значительное увеличение на всех морских бассейнах количества судов маломерного флота существенно увеличивает и риски аварийных ситуаций, связанных с поиском и спасанием людей, терпящих бедствие на море. В связи с активной работой по разведке и добыче нефти на континентальном шельфе, строительством новых нефтетерминалов и, соответственно, увеличением перевозок нефти значительно возросла потенциальная опасность аварий с танкерами и разливов нефти.

Поэтому был разработан план первоочередных мероприятий по восстановлению ряда систем, в том числе и системы ПСО плавания по трассам СМП, в соответствии с поручением Морской коллегии при Правительстве РФ [п. 2.4 Протокола от 6 июля 2011 г. № 2 (16)].

Кроме того, приказом министра транспорта РФ № 7 от 17.01.2013 г. утверждены «Правила плавания в акватории СМП». Однако вопросы ПСО в отличие от навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения плавания изложены в этом документе недостаточно.

Для поддержания ПСО плавания в АЗ РФ на современном уровне требуется:

- усилить прежде всего организационно-штатную структуру системы Госморспасслужбы России специализированными морскими спасательными подразделениями в Восточном секторе Арктики – в морских портах Диксон, Тикси, Певек и Провидение;

- усовершенствовать системы мониторинга и прогнозирования аварийных случаев на море, систему подготовки кадров, управления и связи;

- внедрить новые технологии, технические средства, обеспечивающие эффективную работу морских спасателей;

- создать технически оснащенные специализированные мобильные формирования (оперативного, локального реа-

гирования) и формирования постоянной готовности;

- предусмотреть в инфраструктуре берегового базирования вновь создаваемых в Восточном секторе Арктики аварийно-спасательных подразделений административно-бытовых комплексов, причальных сооружений, складских помещений и ремонтных мастерских.

Учитывая все возрастающую интенсивность судоходства по трассе СМП и перспективы освоения нефтегазовых месторождений на шельфе АЗ РФ, а также подписанное в мае 2011 г. международное восьмистороннее Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике, Министерство транспорта, Росморречфлот и МЧС России уделяют большое внимание развитию сил и средств морских аварийно-спасательных формирований в Арктике.

С учетом большой удаленности пунктов базирования сил Госморспасслужбы России от трассы СМП основу сил поиска и спасания в Арктике составляют ледоколы ФГУП «Атомфлот» и ОАО «Дальневосточное морское пароходство» в период выполнения ими задач в АЗ.

В соответствии с планом первоочередных мероприятий по восстановлению системы ПСО на СМП – Минтрансом созданы три МСКЦ, а также базы хранения АСИ, строятся суда ледового класса и т.д.; – Министерство ЧС РФ планирует создать 10 комплексных аварийно-спасательных центров [3]; – ряд мероприятий выполнено Минобороны и другими ведомствами РФ.

Вместе с тем при решении этих задач следует исходить из того, что система ПСО СМП является составной частью системы ПСО морской деятельности РФ, обеспечивающей спасение людей и объектов морской деятельности на море и водных объектах.

Система поиска и спасания в РФ основывается на взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций.

Основными недостатками существующей системы поиска и спасания являются:

- ведомственная разобщенность системы спасания на море и, как следствие:
- неоправданное дублирование ве-



Схема дислокации создаваемых МСКЦ и МСПЦ в Арктической зоне

домственными морскими аварийно-спасательными службами функций по спасанию;

- недостаточный уровень координации аварийно-спасательных служб при проведении поисково-спасательных операций в связи с неэффективностью нормативно-правовой базы взаимодействия;
- малоэффективное использование имеемых спасательных сил и средств;
- недостаточность финансирования ведомственных морских аварийно-спасательных служб;
- отсутствие единой государственной технической политики по строительству новых, а также модернизации существующих сил и средств поиска и спасания на море, созданию новых спасательных средств;
- противоречия в действующих нормативных документах федерального уровня, несогласованность ведомственных наставлений, руководств и т.п.;

Особенность складывающейся ситуации заключается в том, что выполнение указанного выше плана первоочередных мероприятий по созданию системы ПСО на СМП зависит от решения накопившихся проблем развития системы ПСО морской деятельности РФ.

Подтверждением этому служат решения Морской коллегии от 24.12.10 г. по проблемам ПСО морской деятельности РФ. Ход выполнения этих решений оставляет желать лучшего. Так, до настоящего времени открыт вопрос о внесении изменений в «Положение о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России» и ряд других нормативно-правовых документов.

Отдельные мероприятия по ПСО на море и водах, в том числе в Арктике, осуществляются в рамках девяти федеральных программ по ведомственным планам, которые не объединены единым управлением и нормативным правовым регулированием: ФЦП «Мировой океан»,

ФЦП «Модернизация транспортной системы России (2002–2010 гг.)», с 1 января 2010 г. ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)», ФЦП «Развитие гражданской морской техники» (2009–2016 гг.), ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в РФ до 2010 г.», ФЦП «Глобальная навигационная система», ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 г.», ФЦП «Пожарная безопасность в РФ на период до 2012 г.», ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 гг. и на период до 2015 г.».

Вместе с тем Морской коллегией при Правительстве РФ (Протокол от 6 апреля 2005 г. № МФ-П4–16 пр) определено следующее:

1. Функции по определению политики построения, использования и развития государственной системы оказания помощи и спасания на море и водах, а также по координации деятельности федеральных органов исполнительной власти при проведении работ по поиску и спасанию на море и водах возлагаются на МЧС России.

2. Организация спасания на море кораблей, морских и воздушных судов Минобороны России, ФСБ России, МВД России возлагается на Минобороны России;

3. Организация и координация спасания на море гражданских транспортных, рыбопромышленных и других специализированных судов, а также гражданских воздушных судов возлагается на Минтранс России

4. Организация и координация спасания маломерных судов в территориальном море, а также спасание во внутренних водах Российской Федерации возлагается на МЧС России.

П. 1 не нашел пока нормативной и должной практической реализации, так как:

- отсутствует в РФ единый специальный уполномоченный государственный органа, наделенный полномочиями

по оказанию государственных услуг в сфере ПСО, что негативно сказывается на ее безопасности;

- структура федеральной системы спасания на море и водных бассейнах России и ее задачи нормативно-правовыми документами четко не определены;
- задача по спасанию людей на море не поставлена в явном виде ни перед одним министерством, а в общей постановке возложена на МЧС, которое не имеет необходимых морских сил и средств;
- задачи по поиску и спасанию персонала аварийных морских объектов на авиационные спасательные службы нормативно не возложены;

Поэтому с учетом рекомендаций 2-й и 3-й Всероссийских конференций по проблемам поиска и спасания на море, проведенных в 2010–2011 гг., представляется целесообразным: в ряде первоочередных мероприятий по реализации положений «Стратегии развития АЗ РФ» и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. разработать новые документы, а именно:

- «Положение о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России» (Национальный план SAR);
- «План взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при проведении поисково-спасательных операций (работ) по поиску и спасанию на море и других водных объектах» (на замену действующего «Плана взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при проведении работ по поиску и спасанию людей на море и в водных бассейнах Российской Федерации» 1995 г.), состоящий из двух разделов (вариант):

- раздел 1 – на море, ответственный – Минтранс России (за исключением – поисково-спасательное обеспечения военно-морской деятельности и спасение экипажей военных кораблей, в том числе аварийной подводной лодки, лежащей на грунте – Минобороны России);
- раздел 2 – на водных объектах (за исключением территориального моря и внутренних морских вод), ответственный – МЧС России, исключив дублирование функций Минтранса и МЧС по поиску и спасанию в территориальном море;

– внести соответствующие корректуры в Постановление Правительства РФ от 23 августа 2007 г. № 538 «О единой системе авиационно-космического поиска и спасания в РФ», в Положения о Минтрансе, ФСБ, Минобороны, МЧС, МВД, Росавиации и Росрыболовстве России и документы по ПСО и АСО этих ведомств;

– разработать проект Концепции поисково-спасательного обеспечения МД РФ и подпрограмму «Спасение на море» государственной программы по развитию мор-

ской деятельности России (преемственной к ФЦП «Мировой океан»);

– создать специальный уполномоченный государственный орган, наделенный полномочиями по оказанию государственных услуг в сфере ПСО (Минтранс России);

– создать государственную управляющую компанию при этом органе для координации выполнения сложных водолазных, спасательных, глубоководных, водолазных, буксировочных и других масштабных работ с учётом возможностей всех ведомственных и коммерческих организаций как в РФ, так и за рубежом;

– подготовить законопроект «О поиске и спасении на море» или включить соответствующий раздел в закон «О государственном управлении морской деятельностью РФ» при принятии решения о его разработке;

– в дополнение к Меморандуму о взаимодействии между государствами в авиационном и морском поиске и спасении в АЗ РФ и Соглашению о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасении в Арктике разработать соответствующие двусторонние соглашения между странами Арктического региона.

Для повышения мобильности формирований на акваториях, покрытых льдами, необходимо обеспечить полноценную аварийно-спасательную готовность ледоколов в период выполнения ими задач в Арктике, укомплектовать ледоколы штатным аварийно-спасательным, водолазным снаряжением и имуществом, оборудовани-ем для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, включая мобильные водолазные комплексы, боны различной спецификации, скиммеры, емкости для хранения нефтепродуктов, обеспечить ледоколы водолазами и специалистами по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов из числа спасателей аварийно-спасательных управлений системы Госморпасслужба России.

В случаях необходимости к поиску и спасению людей, терпящих бедствие на море, привлекается авиация аварийно-спасательных служб федеральных органов исполнительной власти (Минобороны России, МЧС России, Пограничной службы ФСБ России). Однако в силу все той же ведомственной разнородности привлечение авиации происходит со значительными задержками.

Учитывая тот факт, что использование авиации для поиска и спасения, для перевозки спасательных формирований на Крайнем Севере не всегда эффективно (вылет на протяжении большей части года можно ожидать неделями), важным становится использование судов на воздушной подушке (проект «Мурена») и экранопланов (проект «Орион»), которые позволяют оперативно доставлять спасательные формирования в район аварии, организовы-

вать и проводить поисково-спасательные операции круглогодично. Создание такой группировки морских аварийно-спасательных сил позволит обеспечить оперативно-техническую готовность в АЗ РФ.

Авиационные силы и средства, привлекаемые к поиску и спасению на море, имеются в ВМФ, МЧС, Береговой охране пограничной службы ФСБ России, а также в составе аварийных формирований авиационных предприятий, базирующихся на приморских направлениях.

Для участия в поисково-спасательных операциях авиации требуется решение руководства соответствующих ведомств на высоком уровне, что приводит к дополнительным затратам времени. Из-за невозможности оперативно использовать авиацию российских участников взаимодействия в российской зоне ответственности МСКЦ часто вынуждены привлекать к поиску и спасению авиацию соседних государств.

Задачи, поставленные «Основами государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу» на первом этапе (2008–2010 гг.) не решены в предусмотренном объеме, не разработаны концептуальные, программные документы и рплан первоочередных мероприятий, что свидетельствует о проблематичности их полноценной реализации в перспективе до полного восстановления системы ПСО плавания по трассам СМП.

Очевидно, что проблемы ПСО морской деятельности в АЗ напрямую зависят от решения построения и развития всей системы ПСО морской деятельности России в целом, без этого принятые решения по региональным вопросам будут малоэффективны.

В заключение следует отметить, что только на основе системного подхода к решению имеющихся проблем ПСО морской деятельности РФ может быть обеспечена проблема ПСО СМП.

ВЫВОДЫ

Для обеспечения ПСО на СМП необходимо:

1. Внести корректуру в Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2004 г. № 395 – возложить на Минтранс РФ функции координации вопросов федерального уровня при повседневной деятельности ведомственных морских аварийно-спасательных служб и при поиске и спасении на море, а также вопросы их развития.

2. Подготовить Постановление Правительства РФ «Об утверждении положения о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и других водных объектах России» и «План взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при проведении поисково-спасательных операций (работ) по поиску и спасению на море

и водных объектах», с возложением ответственности за ПСО в море – на Минтранс России, на водных объектах (за исключением территориального моря и внутренних морских вод) – на МЧС России.

3. Установленным порядком внести изменения в Воздушный кодекс в части, касающейся организации поиска и спасения людей, терпящих бедствие на море. Авиационные силы и средства должны привлекаться к поиску и спасению людей, терпящих бедствие как на море, так и на суше, вне зависимости от статуса, ведомственной и национальной принадлежности авиационных сил и средств.

В дополнение к Меморандуму о взаимодействии между государствами в авиационном и морском поиске и спасении в Арктическом регионе и Соглашению о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасении в Арктике рассмотреть необходимость и возможность иметь соответствующие двусторонние соглашения между странами АЗ.

4. Поручить Минтрансу России совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти:

– разработать «Концепцию поисково-спасательного обеспечения морской деятельности РФ» и представить ее на рассмотрение Морской коллегии при Правительстве РФ, в которой предусмотреть:

- формирование (корректуру) нормативной правовой базы – в проект ФЗ «О государственном управлении морской деятельности РФ»;
- уточнение задач ведомственных аварийно-спасательных служб;

– разработать проект подпрограммы «Спасание на море» в рамках программы комплексного развития морской деятельности РФ на период 2013–2020 гг., преемственной к ФЦП «Мировой океан», в которой, в свою очередь, учесть создание:

- отечественных мобильных, в том числе и авиационных средств поиска и спасения на основе современных технологий;
- межведомственной автоматизированной системы информационной поддержки проведения морских спасательных операций;
- единой системы подготовки специалистов морских аварийно-спасательных служб;
- системы обязательной сертификации поисково-спасательной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу. Утв. Президентом РФ 18.09.2008 г.
2. Стратегия развития морской деятельности России до 2013 г. Распоряжение Правительства РФ от 06.12.2010 г. № 2205-р.
3. А.П. Чутриян, И.А. Веселов. Мероприятия, проводимые МЧС России по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 1 (9). – С. 70–77. ■

10 октября 2014 г. исполняется 70 лет выдающемуся кораблестроителю России, крупному организатору судостроительного производства и ученому Владимиру Леонидовичу Александрову.

Он родился в Ленинграде в 1944 г., окончил в 1967 г. кораблестроительный факультет Ленинградского кораблестроительного института и на долгие годы связал свою жизнь с крупнейшим судостроительным заводом страны «Адмиралтейские верфи», где проработал 44 года, 27 из которых в должности руководителя предприятия. Он прошел путь от мастера, начальника крупного цеха, начальника производства, главного инженера до генерального директора (1984 г.). Участвовал в строительстве и сдаче в эксплуатацию свыше 160 кораблей, судов гражданского назначения, атомных и дизель-электрических подводных лодок, глубоководных аппаратов, а также в разработке и промышленном освоении уникальных технологий строительства и испытаний глубоководной техники для отечественной гидронавтики. За вклад в разработку глубоководной техники, решение сложнейших конструкторско-технологических задач, а также за проведение наиболее ответственных испытаний Владимир Леонидович в 1994 г. был удостоен Государственной премии РФ.

Особо следует подчеркнуть огромный вклад ОАО «Адмиралтейские верфи» и лично В.Л. Александрова в строительство многоцелевых подводных лодок по проектам ОАО «СПМБМ «Малахит» 671, 671 РТ и 671 РТМ (генеральный конструктор Герой Социалистического Труда, доктор технических наук Г.Н. Чернышев) и пр. 705 (главные конструкторы М.Г. Русанов, В.В. Ромина, Р.А. Шмаков). По этим проектам за период с 1967 по 1992 г. была построена и введена в состав ВМФ 31 подводная лодка. По проектам ОАО «ЦКБ МТ «Рубин» (генеральный конструктор доктор технических наук Ю.Н. Кормилицин) построено более 30 дизель-электрических подводных лодок третьего и четвертого поколений для ВМФ России и на экспорт.

Под руководством В.Л. Александрова ОАО «Адмиралтейские верфи» преодолело трудности перестройки, перехода на рыночную экономику, акционирование, потерю многих поставщиков комплектующего оборудования.

К 70-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА В. Л. АЛЕКСАНДРОВА

*Российское НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 315 5027*



Талант руководителя государственного уровня, высокая эрудиция, прозорливость в принятии технических и управленческих решений сочетались в В.Л. Александрове с большой преданностью родному предприятию и постоянной заботой о нуждах трудового коллектива. Благодаря этому ОАО «Адмиралтейские верфи» в числе немногих предприятий Санкт-Петербурга и судостроительной отрасли сохранило производственные площадки и объекты социальной сферы и пополнилось молодыми специалистами.

За высокие показатели качества выпускаемой продукции ОАО «Адмиралтейские верфи» неоднократно награждалось дипломами «Гордость Санкт-Петербурга», «100 лучших товаров России» и «Российское качество». За производство экспортной продукции В.Л. Александров удостоен звания Лауреата национальной премии «Золотая идея».

В 2003 г. – в год 300-летия Санкт-Петербурга – Владимиру Леонидовичу присвоено высокое звание «Почетный гражданин Санкт-Петербурга».

В.Л. Александров – автор более 100 научных работ и изобретений.

В 1994 г. защитил кандидатскую, а в 2002 г. докторскую диссертации, посвященные актуальным вопросам отечественного судостроения.

С 2002 г. В.Л. Александров – профессор кафедры технологии судостроения Санкт-Петербургского морского технического университета. Под его научным руководством подготовлены и защищены четыре кандидатские диссертации.

В.Л. Александров является Президентом Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, членом редсоветов ряда научно-производственных журналов, сопредседателем редсовета журнала «Морской вестник» со дня его основания.

С 2001 г. В.Л. Александров – Президент Российского научно-технического общества судостроителей имени акад. А.Н. Крылова и член Координационного Совета Российского Союза научных и инженерных обществ. Общество объединяет судостроительные предприятия, НИИ и КБ Санкт-Петербурга и девяти регионов России.

Владимир Леонидович, которого отличают открытость и отзывчивость, приветливость и доброжелательность, требовательность к себе и окружающим, способность высоко ценить труд коллег и товарищей по работе, заслужил высокий авторитет и уважение заводчан, конструкторов, ученых отрасли и многочисленных контрагентских организаций.

За большие заслуги в производственной, научной и общественной деятельности В.Л. Александров удостоен высокого звания Героя России, награжден орденами «Трудового Красного Знамени», «За заслуги перед Отечеством IV степени», знаком «Общественное признание», орденом РПЦ Преподобного Сергия Радонежского III степени и многими медалями.

Сердечно поздравляем глубокоуважаемого Владимира Леонидовича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших успехов в сложной многогранной деятельности на благо укрепления могущества Российского флота. ■

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ, РЕДКОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «МОРСКОЙ ВЕСТНИК»

ПОЗДРАВЛЯЮТ ВЛАДИМИРА ЛЕОНИДОВИЧА АЛЕКСАНДРОВА СО ЗНАМЕНАТЕЛЬНОЙ ДАТОЙ,

ЖЕЛАЮТ ЕМУ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, НАГРАДОПОЛУЧИЯ,

ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАТОРСКИХ УСПЕХОВ НА БЛАГО ОТЕЧЕСТВА

В настоящее время в Приазовском регионе на базе существующего аэродрома Министерством обороны создается учебно-тренировочный комплекс морской авиации. Блок аэрофинишеров (БАФ) в составе наземного испытательного учебно-тренировочного комплекса корабельной авиации предназначен для решения следующих задач:

- подготовка, восстановление и поддержание требуемого уровня натренированности личного состава в выполнении посадок в условиях, приближенных к корабельным;

- проведение испытаний создаваемых и модернизируемых корабельных летательных аппаратов;

- проведение испытаний новых и серийных образцов авиационно-технических средств кораблей авианосного типа;

- подготовка специалистов по эксплуатации корабельных авиационно-технических средств.

Настил БАФ имитирует палубу авианесущего корабля и служит основанием для размещения и установки основного и вспомогательного оборудования, обеспечивающего посадку корабельных летательных аппаратов (ЛАК). К их числу относятся подъемные блоки, блоки стационарные верхние демпфирующих устройств, тросоподъемники, светосигнальное оборудование и т. д. (рис. 1).

Настил представляет собой сварную стальную конструкцию из набора пластин, усиленную по контуру и укрепленную продольными и поперечными балками. Для обеспечения прочности настила установлены колонны, являющиеся частью основной строительной конструкции, с металлическими закладными в местах опорной части настила. Настил по всему контуру опирается на металлические закладные, вмонтированные в ответную железобетонную часть монолитной строительной конструкции.

Нагрузками на палубу являются:

- силы веса палубы, снегового покрова и гололедного покрытия;
- нагрузки посадки самолета.

Нагрузки посадки самолета для конкретного участка палубы являются случайными, с малой степенью повторяемости и по своей величине для большинства палубных конструкций, за исключением опорных связей, существенно превышают весовые нагрузки.

Нагрузка посадки самолета на одно колесо принята равной $65 \text{ тс} = 65 \cdot 10^4 \text{ Н}$ и имеет локальный характер, вызывая максимальные изгибающие моменты в местах своего действия.

Согласно предварительно принятой конструктивной схеме (рис. 2), расчет

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ НАСТИЛА БЛОКА АЭРОФИНИШЕРОВ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОПТИМИЗАЦИИ

А. В. Канаев, аспирант СПбГМТУ, инженер-конструктор,
М. А. Александров, канд. техн. наук, зам. директора ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1069

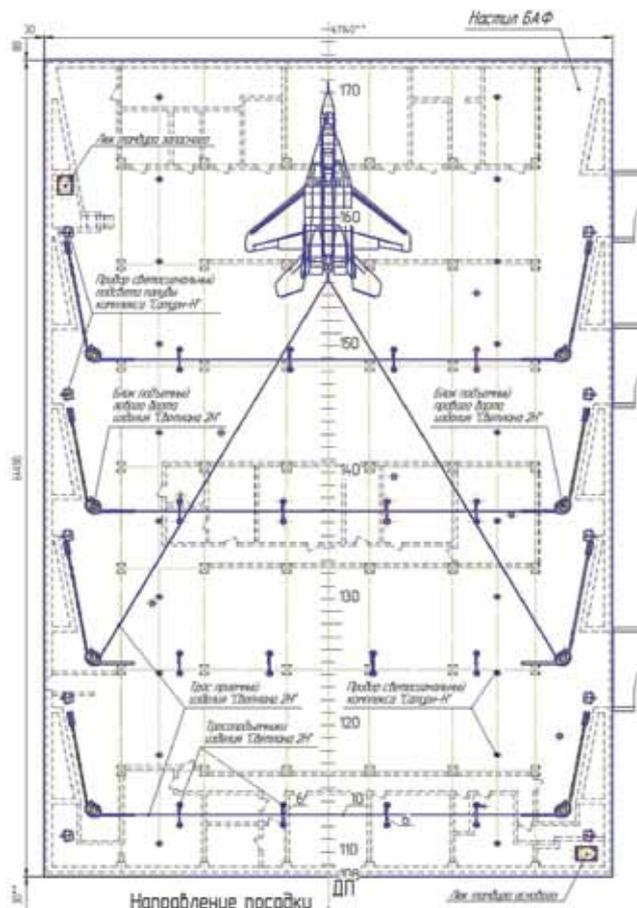


Рис. 1. Размещение оборудования в настиле

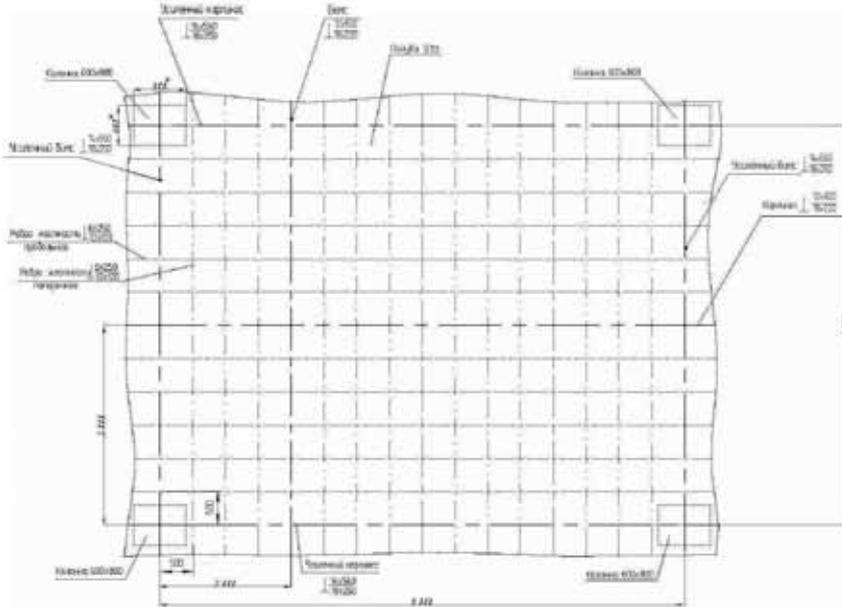


Рис. 2. Фрагмент конструктивной схемы настила

прочности настила определяется прочностью двух основных элементов:

- поля пластины;
- балочных связей.

В качестве материала конструкции настила принята сталь D40S с номинальным пределом текучести $\sigma_T = 390$ МПа.

Нормирование прочности палубных конструкций принимается в рамках проектирования в виде $[\sigma] \leq 0,8\sigma_T$.

Согласно схеме нагружения настила одна его сторона имеет неподвижную заделку, а три других свободно опираются, при этом обеспечены зазоры, необходимые для компенсации деформаций расширения (сжатия) от воздействия температуры окружающей среды. Совместно с проектировщиками аэродромных сооружений был определен узел примыкания металлических конструкций настила к строительным железобетонным сооружениям посадочной полосы, который обеспечивает необходимые зазоры для компенсации возможных расширений настила и в то же время обладает герметичностью.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЛЯ ПЛАСТИНЫ

Расчетная схема пластины варианта «1» представлена на рис. 3.

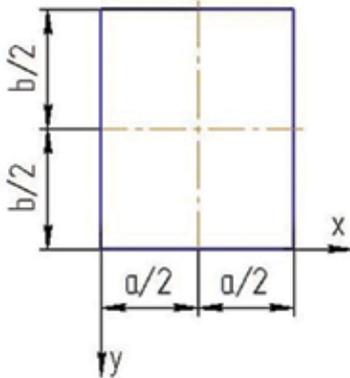


Рис. 3. Расчетная схема пластины варианта «1»

Пластина свободно опирается под действием равномерно распределенной по всей площади нагрузки (силы веса палубы, снегового покрова и гололедного покрытия).

Прогиб в произвольной точке пластины

$$\omega = \frac{4qa^4}{\pi^5 D} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^5} \left(1 - \frac{\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m + 2}{2 \operatorname{ch} \alpha_m} \times \operatorname{ch} \frac{2\alpha_m y}{b} + \frac{\alpha_m}{2 \operatorname{ch} \alpha_m} \cdot \frac{2y}{b} \operatorname{sh} \frac{2\alpha_m y}{b} \right) \sin \frac{m\pi x}{a},$$

где $\alpha_m = \frac{m\pi b}{2a}$; (2)

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$
 – цилиндрическая жесткость пластины; (3)

h – толщина пластинки.

Изгибающие моменты

$$M_x = \frac{qx(a-x)}{2} + (1-\nu)qa^2\pi^2 \sum_{m=1}^{\infty} m^2 \times \times [A_m \operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a} + B_m \times (\frac{m\pi y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi y}{a} - \frac{2\nu}{1-\nu} \operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a})] \sin \frac{m\pi x}{a};$$

$$M_y = \nu \frac{qx(a-x)}{2} - (1-\nu)qa^2\pi^2 \sum_{m=1}^{\infty} m^2 \times \times [A_m \operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a} + B_m \times (\frac{m\pi y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi y}{a} + \frac{2}{1-\nu} \operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a})] \sin \frac{m\pi x}{a};$$

где $A_m = -\frac{2(a_m \operatorname{th} \alpha_m + 2)}{\pi^5 m^5 \operatorname{ch} \alpha_m}$; $B_m = \frac{2}{\pi^5 m^5 \operatorname{ch} \alpha_m}$; (6)

Перерезывающие силы

$$Q_x = \frac{q(a-2x)}{2} - 2\pi^3 qa \sum_{m=1}^{\infty} m^3 B_m \operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a} \cos \frac{m\pi x}{a};$$

$$Q_y = -2\pi^3 qa \sum_{m=1}^{\infty} m^3 B_m \operatorname{sh} \frac{m\pi y}{a} \sin \frac{m\pi x}{a}. \quad (8)$$

Максимальные значения прогиба и силовых факторов

$$\omega'_{\max} = (\omega)_{x=\frac{a}{2}, y=0} = C_5 \frac{qa^4}{D}; \quad (9)$$

$$(M_x)_{\max} = (M_x)_{x=\frac{a}{2}, y=0} = C_6 qa^2;$$

$$(M_y)_{\max} = (M_y)_{x=\frac{a}{2}, y=0} = C_7 qa^2; \quad (10)$$

$$(Q_x)_{\max} = (Q_x)_{x=0, y=0} = C_8 qa;$$

$$(Q_y)_{\max} = (Q_y)_{x=\frac{a}{2}, y=-\frac{b}{2}} = C_9 qa; \quad (11)$$

$$(R_x)_{\max} = (R_x)_{x=0, y=0} = C_{10} qa;$$

$$(R_y)_{\max} = (R_y)_{x=\frac{a}{2}, y=-\frac{b}{2}} = C_{11} qa. \quad (12)$$

Расчетная схема пластины варианта «2» представлена на рис. 4.

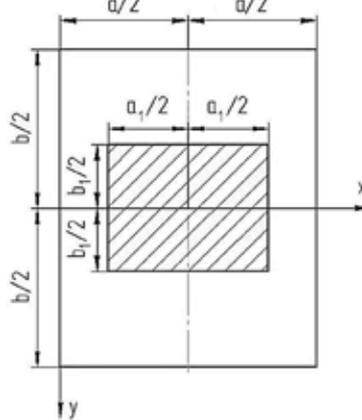


Рис. 4. Расчетная схема пластины варианта «2»

Пластина под нагрузкой, равномерно распределена по площади центральной части (действие силы P при посадке ЛАК), нагруженная площадь заштрихована.

В расчетах по схеме изгиба настила палубы нагрузка принимается в виде пятна давления размером $0,3 \times 0,3$ м.

Прогиб

$$\omega = \frac{4qa^4}{D\pi^5} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{m-1}{2}}}{m^5} \sin \frac{m\pi a_1}{2a} \left\{ 1 - \frac{\operatorname{ch} \frac{m\pi y}{a}}{\operatorname{ch} \alpha_m} [\operatorname{ch}(\alpha_m - 2\beta_m) + \beta_m \operatorname{sh}(\alpha_m - 2\beta_m)] + \alpha_m \frac{\operatorname{sh} 2\beta_m}{2 \operatorname{ch} \alpha_m} \right\} + \frac{\operatorname{ch}(\alpha_m - 2\beta_m)}{2 \operatorname{ch} \alpha_m} \frac{m\pi y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi y}{a} \sin \frac{m\pi x}{a};$$

где $\alpha_m = \frac{m\pi b}{2a}$; $\beta_m = \frac{m\pi b_1}{4a}$. (14)

Уравнение позволяет определить прогибы в любой точке нагруженного участка пластины.

В центре пластины получается наибольший прогиб

$$\omega_{\max} = \frac{4qa^4}{D\pi^5} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^5} \sin \frac{m\pi a_1}{2a} \left\{ 1 - \frac{1}{\operatorname{ch} \alpha_m} [\operatorname{ch}(\alpha_m - 2\beta_m) + \beta_m \operatorname{sh}(\alpha_m - 2\beta_m)] + \alpha_m \frac{\operatorname{sh} 2\beta_m}{2 \operatorname{ch} \alpha_m} \right\}.$$

Изгибающие моменты в центре пластины

$$(M_x)_{\max} = C_3 P; \quad (M_y)_{\max} = C_4 P, \quad (16)$$

где $P = a_1 b_1 q$.

Напряжения по толщине пластины (варианты «1» + «2»)

$$\sigma_x = \frac{6M_{x\Sigma}}{h^2}; \quad \sigma_y = \frac{6M_{y\Sigma}}{h^2}; \quad (17)$$

где $\overline{M}_{x\Sigma} = \overline{M}_{x(1)} + \overline{M}_{x(2)}$; $\overline{M}_y = \overline{M}_{y(1)} + \overline{M}_{y(2)}$. (18)

Решение задачи изгиба свободно опертой пластины для поля пластины в составе палубы дает завышенное значение напряжений σ_i , так как не учитывает степень заделки на контуре. Учет заделки на контуре выполнен введением редуцированного коэффициента k_{red}

$$\sigma_{int} = \frac{1}{k_{red}} \sigma_{int}^{so}; \quad (19)$$

$$\sigma_{int}^{so} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y}. \quad (20)$$

Анализ результатов расчетов позволяет выделить варианты размеров поля пластины (см. таблицу).

Таблица

Варианты размеров поля пластины

Толщина пластины h , м	Номер варианта	Размеры поля, м
0,03	1	$a = 0,4, b = 0,4$
	2	$a = 0,8, b = 0,3$
0,032	3	$a = 0,8, b = 0,4$
	4	$a = 0,5, b = 0,5$
0,036	5	$a = 0,8, b = 0,5$

Результаты выполненных расчетов для стали D40S при $h = 0,032$ м приведены в виде графиков линий уровня функции $f = \sigma_{\text{int}} - \sigma_{\text{дон}}$ на рис.5. Редуцирующий коэффициент принимается равным 1,36.

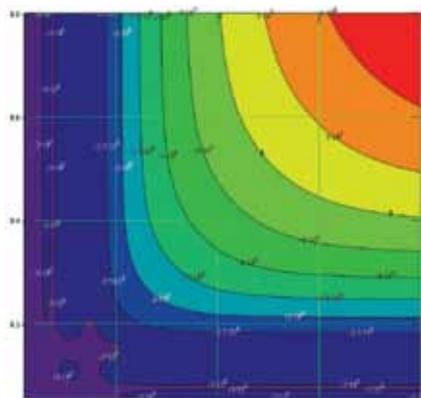


Рис. 5. Линии уровня функции $f = \sigma_{\text{int}} - \sigma_{\text{дон}}$

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПЛАСТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МКЭ

Для решения задачи об изгибе поля пластины использована модель конечно-элементная (МКЭ) неразрезной пластины, состоящая из 49 полей (по 7 полей в каждом направлении). Контур для каждого поля пластины считается жестким. Пятно нагрузки действует на центральное поле (рис. 6). Размер конечного элемента модели равен 1,5 см.

В расчете использован конечный элемент Shell181 из библиотеки пакета ANSYS. Конечный элемент – четырехузловой с шестью степенями свободы в каждом узле. При этом в связи с рассмотрением напряженного состояния в пролете поля пластины повышение степени аппроксимации перемещений в конечном элементе за счет введения промежуточных узлов не эффективно.

Моделирование соседних участков пластины позволяет напрямую учесть заделку поля пластины на контуре.

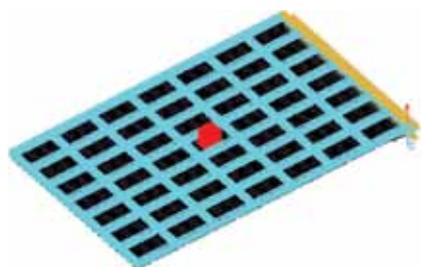


Рис. 6. Модель неразрезной пластины

Результаты расчета представлены на рис. 7.

Анализ результата расчетов показал: 1) пластина находится под действием:

- равномерно распределенной нагрузки по всей площади;

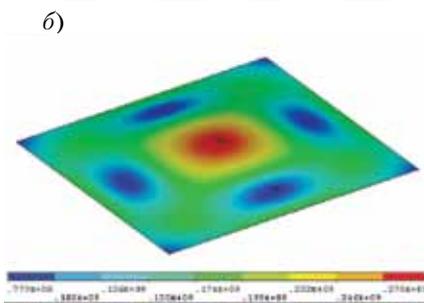
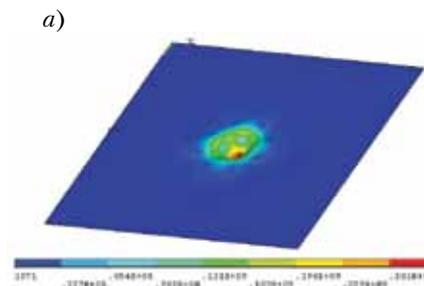


Рис. 7. Распределение интенсивности напряжений в центральном поле пластины. Вид со стороны нагрузки (а) и обратной (б)

– равномерно распределенной нагрузки по площади центральной части.

2) контрольной проверки напряженного состояния неразрезной пластины по методу МКЭ.

Принимаем окончательно размеры поля пластины $a = b = 0,5$ м, $h = 0,032$ м.

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ОПОРНЫХ БАЛОК

Опорные балки, т.е. балки, приходящие на опорные колонны, проектируются в предположении, что они должны воспринимать нагрузку самостоятельно, без участия остальных балок палубы. Нагрузки принимаются в виде сосредоточенной силы.

Предполагаемый профиль балочные связи палубы – тавр (рис. 8) с учетом настила палубы в виде присоединенного пояса. Дискретный ряд размеров и геометрических характеристик балочных связей соответствует ОСТ5.9373–80.

В результате аналитических расчетов определяются габаритные размеры, форма настила и конструкция.

Рассмотрим два варианта конструкции настила (рис. 9 и 10).



Рис. 8. Сечение балочных связей

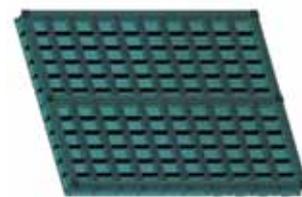


Рис. 9. Конечно-элементная модель палубы между опорными колоннами с перекрытием типа 1

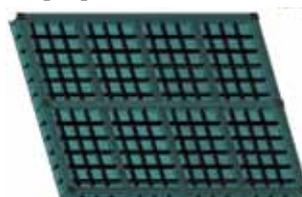


Рис. 10. Конечно-элементная модель палубы между опорными колоннами с перекрытием типа 2

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Предложенный в работе аналитический подход основан на применении метода трех моментов неразрезной балки.

Для учета взаимодействия пролета опорной балки с соседними рассмотрим два пролета балки. Длины пролетов $l_{12} = l_{23}$ принимаются одинаковыми. Изгибные жесткости $EI_{12} = EI_{23}$ принимаются одинаковыми и равными EI . В качестве неизвестных выбраны опорные моменты M_1, M_2, M_3 . Основная нагрузка действует в центральном пролете и представлена в виде сосредоточенной силы P . Дополнительно балка по всей длине воспринимает силы веса соответствующей части палубы (рис. 11).

Уравнение трех моментов для опоры 1:

$$M_1 + M_2 + M_3 = -6 \left(\frac{\omega_1 a_1}{l_1} + \frac{\omega_2 b_2}{l_2} \right). \quad (21)$$

Это уравнение может быть составлено для любой опоры. Число опор определяется числом пролетов, и для более точного расчета реакции слева должен быть добавлен один пролет, а справа – два.

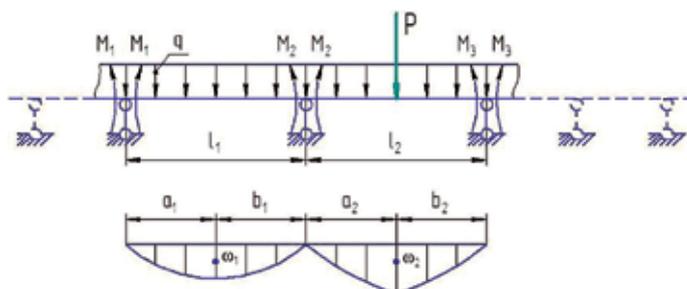


Рис. 11. Схема действия силы веса на соответствующие части палубы

Дальнейшее увеличение числа пролетов балок изменит точность незначительно.

Решать систему трехчленных уравнений удобно путем последовательного исключения неизвестных. Заметим, что заделанный конец балки формально можно заменить дополнительным пролетом, у которого $EJ = \infty$ или $l_0 = 0$.

Далее после определения опорных моментов вычисляются опорные реакции; строится эпюра изгибающих моментов для выбранной балки; определяется сечение с $\max M_{изг}$, Q_z и подбирается сечение по $[\sigma_{экв}]$.

По результатам расчета определяются оптимальные размеры пролетов (l_i), балки, форма и размеры элементов сечения.

По выбранной конструкции проводится расчет с помощью МКЭ, позволяющий рассмотреть варианты приложения нагрузки P в различных точках настила.

ПРОВЕРКА МЕСТНОЙ ПРОЧНОСТИ НАСТИЛА

Согласно принятой схеме компоновки аэрофинишера, блоки подъемные, блоки стационарные верхние демпфирующие устройства крепятся к настилу БАФ и требуют местного усиления элементов настила под их фундаменты (рис. 12, 13).

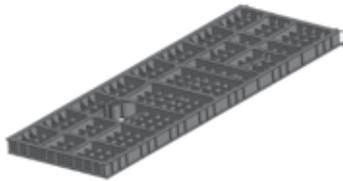


Рис. 12. Геометрическая модель фрагмента настила с фундаментами

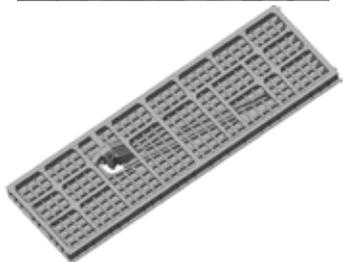
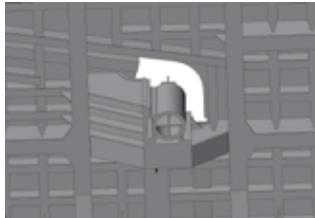


Рис. 13. Фундамент подъемного блока

В данной статье в качестве примера приведен расчет фундамента под подъемный блок.

Нагрузки на фундаменты в соответствии с техническими требованиями монтируемого аэрофинишера в настил БАФ приняты:

– от блока подъемного:

а) при $\alpha = 10^\circ$ и усилия в тросе $T = 100 \cdot 10^4$ Н (усилие соответствует

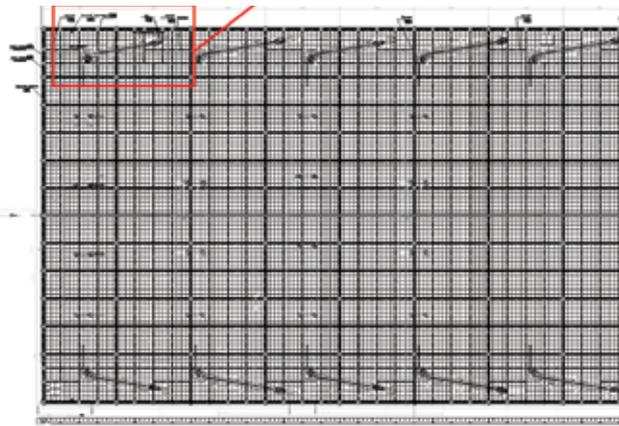


Рис. 14. Конструктивная схема настила БАФ



Рис. 15. Расчетный фрагмент настила БАФ

(Q_x и Q_y – усилия, действующие на ось от подъемного блока, от усилий в тросе T_i)

моменту касания гаком самолета троса) $Q_x = 197 \cdot 10^4$ Н (направление – см. рис. 15);

б) при $\alpha = 55^\circ$ и усилия в тросе $T = 100 \cdot 10^4$ Н, $Q_x = 155,8 \cdot 10^4$ Н; $Q_y = 64,7 \cdot 10^4$ Н;

– от блока стационарного верхнего $Q_x = 200 \cdot 10^4$ Н.

Нагрузки посадки самолета для конкретного фундамента являются циклически повторяющимися, в связи с чем нормирование прочности конструкций принимается в рамках проектирования в виде $\sigma_{int} \leq 0,5\sigma_r \approx 200$ МПа, (22) где σ_{int} – интенсивность напряжений по Мизесу – интегральная характеристика напряженного состояния.

При анализе результатов расчетов в дополнение к (22) учитывается запас по пределу текучести стали и по нагрузке, а также благоприятное влияние на циклическую прочность сжимающих напряжений.

Конструктивная схема настила БАФ приведена на рис. 14. Рассматриваемый в расчете фрагмент конструкции, включающий четыре секции настила, приведен на рис. 15. Там же показаны направления действия расчетных нагрузок.

В виду сложности конструктивного исполнения крепления блока подъемного расчет выполнялся по методу МКЭ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитическим методом определены прочность и конструктивная схема настила БАФ.

Метод МКЭ дал полную картину напряженного состояния настила и позволил определить места концентрации

напряжений, которые необходимо учитывать при проектировании.

Анализ проведенных расчетов показал, что прочность и жесткость элементов настила БАФ находятся в допустимых пределах, конструкция работоспособна и отвечает основным техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

В настоящее время по разработанному комплексу рабочей конструкторской документации ведется строительство полигона, с окончанием которого открываются новые горизонты по созданию перспективных корабельных авиационно-технических средств.

Созданный полигон позволит не только проводить тренировки летчиков корабельной авиации, но и поможет специалистам осуществлять постоянный мониторинг за установленным на нем оборудованием, накапливать дальнейший опыт эксплуатации изделий и совершенствовать конструкции узлов.

Технические решения, принятые при разработке БАФ, не имеют отечественных аналогов как по характеристикам, так и по номенклатуре размещаемого оборудования и применяемых летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прочность, устойчивость, колебания: Справ. – В 3 т. – Т. 1. /Под ред. д-ра техн. наук проф. И. А. Биргера и чл.-кор. АН Латвийской ССР Я. Г. Пановко. – М., 1968.
2. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки. – М., 1966.
3. Метод конечно-элементного расчета с использованием оболочечно-балочной модели в пакете ANSYS. ■

1. ВВЕДЕНИЕ

Движение судна можно описать математическими моделями разной степени сложности в зависимости от решаемой задачи. Так, для динамического позиционирования (ДП) применяется модель, учитывающая гидродинамические и аэродинамические особенности корпуса. Помимо заводской настройки модели, включающей в себя калибровку упоров и плеч подруливающих устройств, при каждом пуске системы перед непосредственной работой у платформы следует обеспечить системе некоторое время ожидания для оценки факторов внешней среды, определения сил и моментов, вызванных ветром, течением и волнением. В соответствии с требованиями Руководства по морским нефтепромысловым операциям (Guidelines for Offshore Marine Operations) судно снабжения должно остановиться в безопасной позиции, около места запланированных операций, но не ближе, чем полторы длины этого судна от платформы, и выйти на курс, на котором будут проходить работы. Далее следует перейти в режим ДП и ожидать, пока система не выполнит адекватную оценку внешних сил и моментов. Согласно руководству пользователя системы Kongsberg K-Pos DP-22 после входа в режим автоматического позиционирования нужно избегать изменения курса и позиции судна в течение первых пяти минут, а в случае плохих погодных условий период ожидания должен быть не менее 15 минут. Внедрение в навигационную систему процедуры постоянной оценки течения вне режима динамического позиционирования позволяет избежать ограничений «холодного» старта. Кроме того, достоверная информация о течении позволяет правильно спланировать маневр подхода к вышке и определить безопасный борт для выполнения операций. В случае, когда отсутствуют естественные ориентиры, такие как суда с большой осадкой на якоре, автоматическое определение скорости и направления течения полезно для судоводителя.

Модели для маневрирования [1, 2] и для работы в режиме ДП [5] (на скоростях, близких к нулю) отличаются по параметрам и по структуре из-за гидродинамической реакции при движении на скоростях более 3 уз и из-за особенностей решения задачи удержания позиции судна, требующей разделения на высокочастотную и низкочастотную модели. Поэтому для правильной оценки течения на основании навигационных параметров движения судна, полученных перед входом в режим ДП, когда судно маневрирует при подходе в заданную точку, нужно использовать нелинейную модель отличную от той, что применяется для позиционирования. Но для определения скорости и направления течения потребуется схожий рекурсивный фильтр.

2. СИГМА-ТОЧЕЧНЫЙ ФИЛЬТР КАЛМАНА

Вопросы, связанные с калмановской фильтрацией, важны для многих прикладных областей науки, включая геодезию, экономическое моделирование, прогнозирование землетрясений, решение транспортных задач, радиосвязь и, конечно, для навигации. В настоящее время наиболее широко распространено использование расширенного фильтра Калмана. Однако он имеет свои ограничения, вызванные линеаризацией при экстраполяции функции плотности вероятности. Необходимость вычисления определителя Якоби для систем, характеризующихся значительной нелинейностью, может приводить к серьезным ошибкам численного метода. Все реальные динамические системы являются нелинейными, и любая линеаризация представляет собой упрощение, приводя к потере точности конечного результата. Сигма-

ОЦЕНКА ТЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СИГМА-ТОЧЕЧНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

И. О. Маслов, инженер-судоводитель,
аспирант ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова,
контакт. тел. +7 (921) 357 9656, e-mail: iomaslov@gmail.com

точный фильтр Калмана (СТФК), разработанный учеными С. Дж. Джулиером, Дж. К. Ульманном, Р. Ван де Мерве и Э. Ваном и описанный в работах [7, 10] позволяет избежать ошибок линеаризации. По принципу работы он схож с «фильтром частиц» [4], в котором распределение вероятности задается с помощью случайной выборки, состоящей из большого количества частиц, взвешенных значимости. Однако в СТФК требуется всего $2n+1$ сигма-точек (где n – количество состояний), которые выбираются так, чтобы они имели заданные математическое ожидание и матрицу ковариации). Таким образом, решая дифференциальные уравнения модели с подстановкой значений этих векторов, задающих сигма точки, мы получим экстраполированные значения сигма точек, зная которые, мы можем вычислить начальный и второй центральный моменты апостериорной плотности вероятности.

Сигма-точечное преобразование выглядит следующим образом. Сначала выбирают масштабирующий коэффициенты α , β . Параметр α задается в пределах от 0,01 до 1, что позволяет избежать слишком большого разброса точек, ведущего к ошибкам, особенно если точки расположены несимметрично. Коэффициент β применяют для контроля за четвертым моментом случайной величины и выбирают в соответствии с величиной коэффициентом эксцесса [4]. Если сигма-точки симметричны, и параметр β равен нулю, то обеспечивается адекватная аппроксимация моментов до третьего порядка. Если известно, что x имеет строго гауссовское распределение, то при $\beta = 2$ можно получить приближение четвертого порядка. В приведенных ниже опытах значения α и β равны 0,5 и 0 соответственно.

Найдем $2n+1$ сигма-точек и их веса W :

$$\left. \begin{aligned} x_{(0)} &= \bar{x}; \\ x_{(i)} &= \bar{x} + \alpha \sqrt{n P_x}; \\ x_{(i+n)} &= \bar{x} - \alpha \sqrt{n P_x}. \end{aligned} \right\} i=1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

$$W_{(0)}^m = \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha^2};$$

$$W_{(0)}^{\text{cov}} = \frac{\alpha^2 - 1}{\alpha^2} + (1 - \alpha^2 + \beta); \quad (2)$$

$$W_{(i)}^m = W_{(i)}^{\text{cov}} = \frac{1}{2\alpha^2 n}, i=1, 2, \dots, 2n,$$

где x – вектор состояния, P_x – ковариационная матрица, n – размерность вектора состояния.

Для вычисления квадратного корня из матрицы ковариации используют разложение Холецкого, в этом случае $\sqrt{P_x}$ – это нижняя треугольная матрица. Для того чтобы применить это разложение матрица должна быть положительно определенной.

Сигма-точки подставляют в уравнения нелинейной модели g и получают экстраполяцию $y_{(i)}$ на следующий такт вычислений:

$$y_{(i)} = g(x_{(i)}), 0, \dots, 2n. \quad (3)$$

Рассчитаем математическое ожидание \bar{y} , ковариацию C_y и взаимную ковариацию C_{xy} для x и y .

$$\begin{aligned} \bar{y} &\approx \sum_{i=0}^{2n} W_{(i)}^m y_{(i)}; \\ C_y &\approx \sum_{i=0}^{2n} W_{(i)}^{\text{cov}} (y_{(i)} - \bar{y})(y_{(i)} - \bar{y})^T; \\ C_{xy} &\approx \sum_{i=0}^{2n} W_{(i)}^{\text{cov}} (x_{(i)} - \bar{x})(y_{(i)} - \bar{y})^T. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим сигма-точечный фильтр для системы вида

$$\begin{aligned} x_k &= f(x_{k-1}) + q_{k-1}; \\ y_k &= h(x_k) + r_k. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь в переходную функцию f подставляется вектор состояния x и прибавляется гауссовский шум процесса q_{k-1} . Индекс $k-1$ обозначает принадлежность к предыдущему такту измерений, а k – к текущему. Выходной сигнал системы находят с помощью функции измерений h , и прибавляя шумы измерений, соответствующие распределению Гаусса, обозначенные как r_k .

Расчет выполним в матричной форме в соответствии с [6], где автор также рекомендует расширить вектор состояния за счет шумов.

$$\tilde{x}_{k-1} = [x_{k-1} \quad q_{k-1} \quad r_{k-1}]^T. \quad (6)$$

Это усложняет процедуру расчета, так количество сигма-точек увеличивается более, чем в два раза. Однако улучшается сходимость. Этап экстраполяции выглядит как

$$\bar{X}_{k-1} = [x_{k-1} \quad 0 \quad 0]^T; \quad (7)$$

$$P_{k-1} = \begin{bmatrix} P_{x_{k-1}} & 0 & 0 \\ 0 & Q_{k-1} & 0 \\ 0 & 0 & R_{k-1} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

$$\begin{aligned} X_{k-1} &= [\bar{X}_{k-1} \dots \bar{X}_{k-1}] + \\ &+ \alpha \sqrt{n} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{P_{k-1}} & -\sqrt{P_{k-1}} \end{bmatrix}; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \hat{X}_k &= f(X_{k-1}^x, X_{k-1}^q); \\ \bar{X}_k &= \hat{X}_k w_m; \hat{P}_k = \hat{X}_k W \hat{X}_k^T. \end{aligned}$$

Здесь X_{k-1}^x, X_{k-1}^q – это части расширенного вектора, оценивающие фазовые координаты и шумы процесса соответственно. Внутри модели после расчета производных, используя X_{k-1}^x , и интегрирования, к полученным значениям прибавляются шумы, прошедшие оценку в X_{k-1}^q . Ниже приведем выражение для весовой матрицы W :

$$\begin{aligned} w_m &= [W_{(0)}^m \dots W_{(2n)}^m]^T; \\ W &= (I - [w_m \dots w_m]) \times \text{diag}(W_{(0)}^{\text{cov}} \dots W_{(2n)}^{\text{cov}}) \times \\ &\times (I - [w_m \dots w_m])^T. \end{aligned} \quad (10)$$

Этап коррекции рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} Y_k &= h(\hat{X}_k, X_{k-1}^q); \bar{Y}_k = Y_k w_m; \\ C_k^y &= Y_k W [Y_k]^T; C_k^{xy} = \hat{X}_k W [Y_k]^T. \end{aligned} \quad (11)$$

При преобразовании в функции измерений h к полученному вектору измерений прибавляются шумы X_{k-1}^q , за счет которых был расширен вектор \bar{X}_{k-1} . Находим оценку вектора измерений \bar{Y}_k , матрицу ковариации измерений C_k^y , и взаимную ковариацию состояний и измерений C_k^{xy} .

Далее мы рассчитываем коэффициент усиления K_k , и, зная отклонения фактических измерений от полученных на основании априорной информации $z_k - \bar{Y}_k$, получаем апостериорную оценку вектора состояний \hat{X}_k и апостериорную ковариационную матрицу P_k :

$$\begin{aligned} K_k &= C_k^{xy} [C_k^y]^{-1}; \\ X_k &= \bar{X}_k + K_k [z_k - \bar{Y}_k]; \\ P_k &= \hat{P}_k - K_k C_k^y K_k^T. \end{aligned} \quad (12)$$

В задаче оценки течения в зависимости от доступных навигационных приборов могут присутствовать ненаблюдаемые величины помимо скорости и направления течения. Для измерения продольной, поперечной скоростей судна и угла дрейфа в связанной системе координат (ССК) необходим относительный двухосный лаг, для определения угловой скорости – гироскоп, курса судна – гирокомпас, а смещение в северном и восточном направлениях можно рассчитать с помощью получаемых координат от приемника ГНСС. Если какие-то из этих измерений отсутствуют, то соответствующие элементы вектора фазовых координат становятся ненаблюдаемыми. Такие состояния можно оценить только косвенно и потому менее точно по сравнению с наблюдаемыми. Для адекватной оценки и хорошей сходимости рекомендуется включать в фильтр ограничения. К существующим методам относятся ввод в фильтр граничных значений, в качестве «идеальных» измерений без шума, квадратичное программирование и проецирование функции распределения на область допустимых значений [4]. Для оценки течения необходима область допустимых значений скорости от нуля до 5 уз и направления в пределах от 0 до 2π . Это линейные ограничения, для которых эффективным является проецирование. Особенно простым оно становится при использовании внутри сигма-точечного фильтра [9].

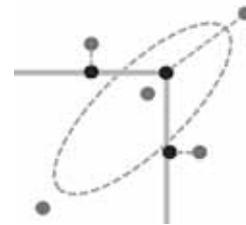


Рис. 1. Эллипс ковариации без ограничений

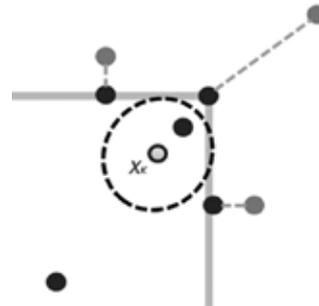


Рис. 2. Эллипс ковариации после применения ограничений

На рис. 1 и 2 изображен пример для двумерного вектора состояний. Для его оценки использованы 5 сигма-точек в фильтре. На рис. 1 изображен исходный эллипс ковариации до применения ограничений, три точки находятся вне области допустимых значений и поэтому спроецированы на ее границу. Проекции изменяют распределение вероятности, и на рис. 2 мы видим полученный в результате эллипс ковариации с учетом ограничений и оценку вектора состояний X_k [9].

3. ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СТФК ВМЕСТЕ С НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛЬЮ ДИНАМИКИ СУДНА

Рассмотрим использование этого рекурсивного фильтра для определения параметров течения на примере модели движения судна, описанной в [2, 3].

$$\left. \begin{aligned} \dot{v} + \beta \left(\frac{m_{22}}{m_{11}} \right) &= \frac{1}{m_{11}} (n_p - n_x); \\ m_{22} \dot{\beta} + \bar{n} \beta - \bar{n}_y \bar{\omega} + n \beta \bar{\omega} \text{sign}(\beta, \bar{\omega}) &= n_y \delta; \\ m_{66} \dot{\bar{\omega}} - \bar{m} \beta - \bar{m}_z \bar{\omega} - m \beta \bar{\omega} \text{sign}(\beta, \bar{\omega}) &= n_y \delta l_p. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Добавим в исходную модель описание течения, включив его в уравнения изменения координат в северном и восточном направлениях. Расширим также вектор состояний за счет производных скорости и направления течения, приравняем их производные нулю как для медленно изменяющихся стохастических процессов. Включим в систему уравнение для продольной скорости судна в ССК, которую можно измерить с помощью судового лага. Полученная система выглядит как

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= -A_1 x_1 x_2 x_3 + A_2 x_1^2 x_2 u_2 - A_3 x_1^2 x_2^2 - \\ &- A_4 x_1 x_2 x_3 \operatorname{sign}(x_3) + A_5 \left(\frac{u_1}{x_1} - x_1^2 \right) - A_6 x_1^2 u_2^2; \\ \frac{dx_2}{dt} &= A_2 x_1 u_2 - A_3 x_1 x_2 - A_4 x_2 x_3 \operatorname{sign}(x_2, x_3) + \\ &+ A_7 x_3; \\ \frac{dx_3}{dt} &= A_8 x_1^2 u_2 + A_9 x_1^2 x_2 - A_{10} x_1 x_3 - \\ &- A_{11} x_1 x_2 x_3 \operatorname{sign}(x_2, x_3); \\ \frac{dx_4}{dt} &= x_1 \cos(x_6 - x_2) + v_T \cos K_T; \\ \frac{dx_5}{dt} &= x_1 \sin(x_6 - x_2) + v_T \sin K_T; \\ \frac{dx_6}{dt} &= x_3; \\ \frac{dx_7}{dt} &= \frac{dx_1}{dt} \cos(x_2); \\ \frac{dv_T}{dt} &= 0; \\ \frac{dK_T}{dt} &= 0. \end{aligned} \right\} (14)$$

Здесь девять элементов вектора состояния в соответствующем порядке обозначают параметры движения: скорость линейную в ССК, угол дрейфа, угловую скорость, смещение судна в меридиональном и широтном направлениях, курс судна, продольную составляющую скорости судна в ССК, скорость и направление течения. Интервал измерения навигационных параметров будет 0,5 секунды. Данные будут поступать с гирокомпаса, приемника ГНСС, лага, а также аксиометра. Параметры модели взяты для судна класса «Magiere» длиной 160,9 м из [3]. Управление в этих экспериментах будет ограничено переключками руля.

В первом эксперименте мы определяем параметры течения, которое не меняет направления и скорости, используя ошибочную исходную оценку. На рис. 3 изображен график переключек руля, на рис. 4 представлены графики для истинных значений (сплошная линия) и оценок (пунктир) четырех ненаблюдаемых состояний. Лучшая сходимость наблюдалась для случаев, когда исходная оценка скорости течения была ближе к верхней границе области допустимых значений. В данном примере потребовалось 60 секунд для достижения установившегося значения скорости, и 3 минуты для определения направления. Такой временной интервал допустим для поставленной задачи, когда оценка параметров внешней среды производится до начала операций в режиме ДП.

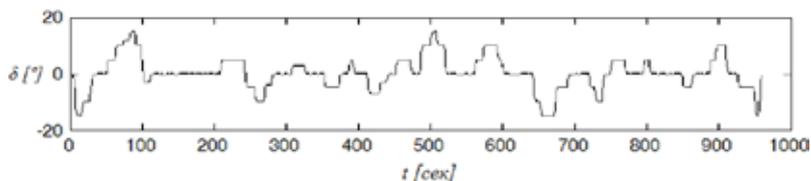


Рис. 3. Переключки руля для маневров в эксперименте

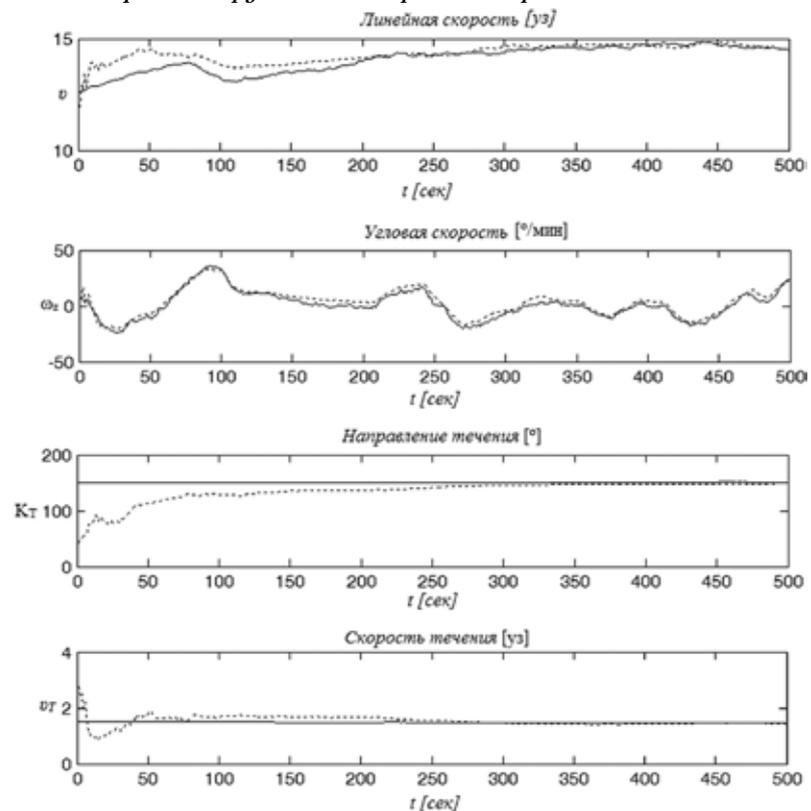


Рис. 4. Определение параметров течения. Ненаблюдаемые состояния системы

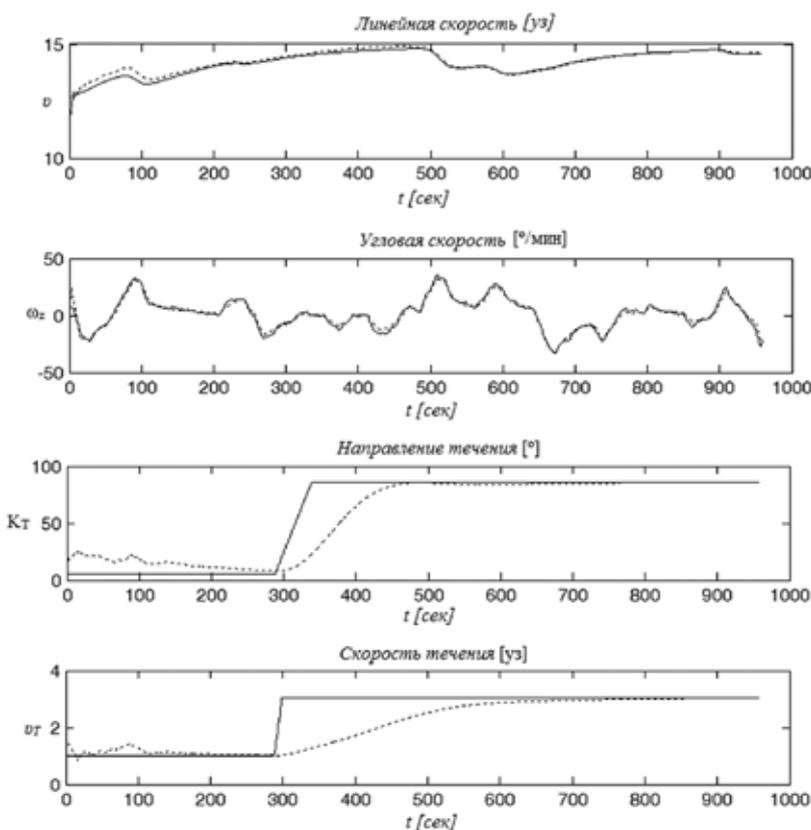


Рис. 5. Оценка резкого изменения течения

Во втором эксперименте проверим реакцию фильтра на резкое изменение параметров течения. Усложним задачу, исключив входные данные с лага. Судно движется со скоростью 14 уз курсом 240°. Течение изменяет свою скорость от 1 до 3 уз, и направление на 185°. На рис. 5 изображены графики истинных значений фазовых координат и их оценка с помощью СТФК. Фильтру потребовалось около 3 минут для правильной оценки параметров течения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты эксперимента демонстрируют удовлетворительную работу фильтра для оценки течения. Применение этого фильтра в системе ДП допустимо в качестве дополнительного средства для оценки параметров внешней среды при движении на скоростях, превышающих 3 уз при подходе к платформе. Метод имеет свои ограничения, включая зависимость от адекватности нелинейной модели, ухудшение чувствительности фильтра для скоростей течения менее 1 уз. Рассмотренная здесь модель (14) приводится только для проверки работы фильтра. Для того чтобы выполнять задачу, поставленную в начале статьи, определять течение на подходе к платформе, требуется модель современного судна снабжения. Она имеет иные движители, включающие чаще всего группу винторулевых колонок. В известных автору публикациях отсутствуют примеры подобных моделей, адекватных для скоростей более трех узлов. Дальнейшее исследование будет направлено на структурную и параметрическую идентификацию такой модели на основе данных натурных испытаний и на поиск способов улучшения работы фильтра.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования судов важнейшими процедурами является определение состава нагрузки и кубатуры, т. е. структурирование масс, входящих в нагрузку, и объемов, входящих в баланс вместимости, по укрупнённым разделам. К смежным вопросам относятся установление уровня мореходности, непотопляемости и проверка прочности. При этом уровень и потенциал мореходности и непотопляемости зависят от объёмной характеристики – запаса плавучести. Попутной проектной задачей становится определение частных координат по тем же разделам и положения центра тяжести для последующих расчётов удифферентовки и остойчивости.

Состав массы порожнем по предварительным оценкам чаще всего анализируется в долях полной массы. При наличии близкого прототипа это позволяет получить достаточно достоверную версию нагрузки. Такой подход иногда называют *способом процентирования*.

Однако в применении этого способа возникнут трудности, если требуется хотя бы частично изменить применяемые материалы, перейти с одного вида энергетической установки (ЭУ) на другой, поменять состав оборудования, увеличить скорость или дальность. Хотя изменения намечаются частные, но полная масса чаще всего изменится, и все процентные соотношения нарушатся.

Совсем по-другому будет выглядеть ситуация, если структура нагрузки ориентирована на применение кубического модуля *LBH* (произведения длины, ширины и высоты корпуса). В этом случае корпус может стать легче при хотя бы частичном переходе на легкие сплавы или тяжелее при переходе на ледовый класс, но по всем остальным разделам измерители не из-

ЛИТЕРАТУРА

1. *Басин А.М., Анфимов В.Н.* Гидродинамика судна. –Л.: Речной транспорт, 1961. –684 с.
2. *Соболев Г.В.* Управляемость корабля и автоматизация судовождения. –Л.: Судостроение, 1976. –477 с.
3. *Афанасьев Б.В.* Прогнозирование управляемого движения судна в данных условиях плавания –Дис.на соискание степени канд. техн. наук, ЛВИМУ, 1986, 148 с.
4. *Gibbs B.P.* Advanced Kalman Filtering, Least-Squares And Modeling. – John Wiley & Sons, Inc., New York, 2011. 627с.
5. *Fossen T.I.* Marine Control Systems. – Trondheim, Norway, «Marine Cybernetics», 2002, 540 p.
6. *Hartikainen J., Solin A., Särkkä S.* Optimal Filtering with Kalman Filters and Smoothers. A Manual for the Matlab toolbox EKF/UKF, Aalto University School of Science, Espoo, Finland, 2011, 131с.
7. *Merwe R., Doucet A., de Freitas N., Wan E.* The Unscented Particle Filter. Technical Report CUED/F-INFENG/TR 380.– Cambridge University Engineering Department, 2000, 46 p.
8. Guidelines for Offshore Marine Operations. Revision: 0611-1401, 6 November 2013, 292 p. –[http://www.rederi.no/nrweb/mm.nsf/lupgraphics/201311%20-%20GOMOfinal.pdf/\\$file/201311%20-%20GOMOfinal.pdf](http://www.rederi.no/nrweb/mm.nsf/lupgraphics/201311%20-%20GOMOfinal.pdf/$file/201311%20-%20GOMOfinal.pdf).
9. *Kandepu R., Imsland L. and Foss B.A.* Constrained State Estimation Using the Unscented Kalman Filter. 16th Mediterranean Conference on Control and Automation Congress Centre. – Ajaccio, France, 2008, 1453–1458 p.
10. *Julier S.J., Uhlmann J.K.* Unscented Filtering and Nonlinear Estimation// Proceedings of the IEEE. –2004. –Vol. 92. – №. 3. –401–422 p. ■

Рецензенты:

Е. А. Амбросовская, канд. техн. наук,

В.А. Логиновский, д-р техн. наук, проф., зав. кафедры

ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ПРИ ПРОЕКТНОМ АНАЛИЗЕ НАГРУЗКИ И ВМЕСТИМОСТИ

В. К. Ханухов, аспирант,

Б. А. Царев, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 494 0969

меняться. Можно выполнять желаемые изменения и по другим разделам нагрузки, но само судно как объёмный объект будет оставаться стабильной базой для сопоставления вариантов, характеризуемой модулем *LBH*. Значения длины *L*, ширины *B* и высоты корпуса *H* нетрудно проверить по публикуемым схемам, определив предварительно их фактический масштаб [1].

Поэтому и при оценке вместимости ориентация на кубический модуль позволяет получить более достоверные и стабильные соотношения и показатели. Применение модуля *LBH* удобнее не только при определении вместимости трюмов или других важнейших отсеков, но и при определении показателей регистровой вместимости, валовой *GRT* и чистой *NRT*. Так как оба вида регистровой вместимости измеряются в обмерных тоннах (2,83 м³), то эту вместимость часто называют «тоннажем».

Например, по данным работы [2], для шести газозовозов в диапазоне длин от 213 до 334 м отношение *GRT / LBH* в среднем оказалось равно 0,32 с колеблемостью 5%. Среднее отношение *LBH* к полной массе составило 2,85 с такой же колеблемостью 5% [2, 3]. Такой же разброс проявился и в соотношении с *LBH* для вместимости танков – эта величина по пяти газозовозам длиной от 264 до 334 м в среднем равна 0,49 (конкретно от 0,47 до 0,52).

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ КУБИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Ещё большее значение имеет тот факт, что в публикации о судах приводятся все сомножители кубического модуля LBH (очень редко отсутствуют данные о высоте корпуса H). Данные же по полной массе D приводятся крайне редко. Казалось бы, объемное водоизмещение V и полную массу D нетрудно вычислить по известным соотношениям

$$V = \delta \cdot L \cdot B \cdot T; \quad (1)$$

$$D = \rho \cdot V, \quad (2)$$

где δ – коэффициент общей полноты; ρ – плотность солёной морской воды.

Однако на практике величина δ редко известна, а осадка T задается со значительной степенью неопределенности. Именно поэтому ориентация на LBH дает более достоверные результаты.

В учебнике В. В. Ашика применение D и LBH считается равносильным, так как предполагается, что у проеканта имеются достоверные данные и по D , и по LBH [3, 4].

И. Г. Бубнов в 1916 г. также исходил из этого условия, поэтому его основной проектный способ построен на том, что известны все три сомножителя в выражении (1) [5]. В ином положении оказались проектанты в период между двумя мировыми войнами, когда между специалистами разных стран обмен информацией прекратился. В таких случаях может выручить созданный В. В. Ашиком метод реконструктивного проектирования, в котором частным способом является концепция «постоянных главных размеров» (именно L , B и H). При этом легче скрываемые δ и T подлежат установлению из исследовательского сопоставления вариантов [4].

Как уже отмечалось, при наличии полной проектной документации приемлемы оба варианта, как это видно из приводимого далее состава нагрузки судна обеспечения – буксировщика–постановщика якорей (рис. 1 и табл. 1).



Рис. 1. Типичный буксировщик–постановщик якорей

Однако даже в такой ситуации измеритель по разделу «Корпус» при модуле LBH контролировать легче, так как опытным проектантам известны значения и пределы изменения этого измерителя при тех или иных архитектурно-компоновочных видах, подлежащих системной типизации [6, 7].

Для входящих в модуль LBH величин самым критичным является отношение L/H . Оно интенсивно влияет на массу корпуса, при этом в самих прочностных характеристиках – моменте инерции и моменте сопротивления – доминантную роль играет высота корпуса H . Для относительно малых по длине и высокбортных этот вопрос решается удовлетворительно [8, 9]. В то же время известно много случаев, когда при больших значениях L/H из-за неприменения сталей повышенного сопротивления случались аварийные разломы корпуса [10, с. 625–680]. Изучение опыта проектирования и эксплуатации позволяет учесть неудачные проектные решения и выработать меры по предотвращению аварий [11, 12].

Состав нагрузки буксировщика–постановщика якорей

Типовые разделы нагрузки	Масса, т	Доля полной массы	Измеритель по модулю LBH
Корпус (1, 12, 13)	772	0,28	0,142
Устройства (2)	83	0,03	0,015
Системы (3)	42	0,015	0,008
ЭУ и запасные части (4, 9)	153	0,055	0,028
Электрооборудование и штурманское вооружение (5, 7)	55	0,02	0,010
Твёрдый балласт (10)	28	0,01	0,05
Запас водоизмещения (11)	28	0,01	0,05
Масса порожнем	1160	0,42	0,213
Экипаж с водой и провизией (14)	95	0,035	0,017
Грузоподъёмность (15)	1300	0,47	0,238
Топливо, смазка и котельная вода (16)	205	0,075	0,037
Дедвейт	1600	0,58	0,292
Полная масса	2760	1,0	0,505

Отношение L/B также играет заметную роль, влияя на показатели ходкости. Однако влияние этого параметра можно скомпенсировать выбором коэффициента общей полноты.

Одним из наиболее активных проектантов, последовательно использовавших модуль LBH при систематизации проектной информации, был германский катеростроитель А. Пишка [13]. В его книге обработано более 250 катеров и малых судов, изготовленных из дерева, стали и легких сплавов. По каждому из этих объектов приведены и измерители, и архитектурно-компоновочные схемы. Анализ данных А. Пишки позволяет получить конкретные данные для проектирования, и выявить те интервалы длин, в которых предпочтительно применения одного из трёх конструкционных материалов. Конечно, современные катера по скоростям и мощностям заметно отличаются от тех, которые проектировал А. Пишка (рис. 2), но его методические подходы пригодны для применения.



Рис. 2. Спасательный катер

Так как современные катера изготавливают преимущественно из стеклопластиков, в их нагрузке доля корпуса заметно уменьшилась, а доля двигателей возросла.

В. Л. Поздунин считал главными размерениями только L , B и H , а осадку T рассматривал как переменный эксплуатационный показатель. Одной из обобщенных неизвестных он считал полную вместимость, которая с учетом объемов надстроек и рубок по величине очень мало отличается от модуля LBH [14]. Рассматривая в качестве наиболее сложного объекта морской техники пассажирские суда (рис. 3), В. Л. Поздунин ввел для них понятие коэффициента использования полной вместимости по кубатуре пассажирских помещений. Этот коэффициент, по данным конца 30-х гг. составлял от 0,44 до 0,68.

Состав масс в нагрузке рыболовных судов

Раздел нагрузки	Траулер «Север»			Траулер «Тропик»		
	в тоннах	в % массы порожнем	в соотношении с LBH	в тоннах	в % массы порожнем	в соотношении с LBH
КОРПУС		(56)	(0,13)			
Металлический корпус	716	43	0,099	830	35	0,093
Покрытия, цементировка	148	9	0,021			
Деревянные части	37	2	0,005			
ОБОРУДОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ	35	2	0,005			
ОСНАЩЕНИЕ КОРПУСА		(25)	(0,06)		(23)	(0,063)
Устройства	149	9	0,021	388	16	0,044
Технологическое оснащение	55	3	0,008	173	7	0,019
МЕХАНИЗМЫ, СИСТЕМЫ		(24,5)	(0,057)			
Системы общесудовые	130	8	0,018			
Механизмы	240	14	0,033	714	30	0,081
ОСТАТКИ ТОПЛИВА И ВОДЫ	40	2,5	0,006			
ЭЛЕКТРО-ОБОРУДОВАНИЕ	62	4	0,009	69	3	0,008
Балласт твёрдый	20	1	0,003	150	6	0,016
Запас водоизмещения	50	2,5	0,007	76	3	0,008
МАССА ПОРОЖНЕМ	1690	100	0,235	2400	100	0,269

Кроме этого, они имеют разные классы конструкции корпуса (усиленный ледовый и ледовый) и разные энергетические установки (дизель-электрическая и среднеоборотная дизельная). Важные для работы с составом нагрузки проектные характеристики приведены в табл. 3.

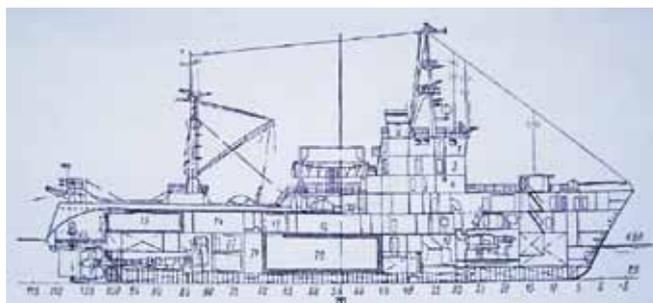


Рис. 5. Продольный разрез морозильно-свежевого траулера «Север»

Необходимо сопоставление по группам разделов нагрузки, чтобы сохранить достоверность пересчета при принятии каждого из этих траулеров за прототип.

По разделу «Металлический корпус» траулер «Север» и должен быть относительно тяжелее, но слишком резкая разница говорит о том, что в проекте траулера «Тропик» базовая характеристика «Масса порожнем» оказалась очень значительной (по отношению к LBH – рост на 15%) из-за применения тяжелых дизелей, а также твердого балласта для обеспечения устойчивости при несколько заниженной ширине (на почти однотипных судах типа «Атлантик» ширина была повышена). В то же время при сравнении по кубическому



Рис. 3. Современное пассажирское судно – круизный лайнер

Роль полной кубатуры и модуля LBH в обеспечении функциональных требований, в том числе уровня мореходности, освещена в работах [15, 16]. Здесь наибольшее значение имеет величина относительного запаса плавучести.

Ориентация на кубический модуль легче согласуется с другими понятиями прогрессивных модульных способов проектирования и постройки судов [17, 18]. В частности, обоснование архитектурно-компоновочного вида включает в себя применение типовых функциональных модулей целевого оборудования, например, спасательного или рыболовного [7, 19]. Развитие идей И. Г. Бубнова и В. Л. Поздюнина на основе преимущественного применения модуля LBH позволит создать более эффективные проектные методики [20, 21].

ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ПРИ СОПОСТАВЛЕНИИ ПРОЕКТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

В работе [9] приведены систематизированные аналитические и графические данные по различным группам рыболовных траулеров (рис. 4). Для этой работы характерно использование модуля LBH не только при анализе вопросов вместимости, но даже при выявлении взаимосвязи мощности и скорости. Анализ выборки по 11 траулерам из Англии, Германии, Японии, Испании, Польши и Ганы привел к интересным результатам: относительная мощность в киловаттах на узел и на кубометр LBH оказалась в среднем равной 17 со среднеквадратической колеблемостью 9%. На этом примере видно, что даже при решении вопросов о ходкости применение модуля LBH дает результаты, сопоставимые с другими способами первичной оценки мощности.



Рис. 4. Малый траулер во время работы с тралом

В работе [9] в сопоставлении с LBH проанализирована и регистровая вместимость. Даны также примеры состава нагрузки рыболовных судов, приведенные в табл. 2. В скобках приведены частично суммированные результаты по укрупненным разделам.

В данных о составе нагрузки двух одинаковых по ширине и осадке, близких по длине траулеров «Север» (рис. 5) и «Тропик» с равноценным траловым оборудованием можно увидеть значительные противоречия. Их неизбежность связана с тем, что они спроектированы в разных условиях (Россия и Германия), по разным методикам.

Таблица 3
Проектные характеристики сравниваемых траулеров

Характеристика	Траулер «Север»	Траулер «Тропик»
Длина между перпендикулярами L , м	64	79,8
Ширина B , м	13,1	13,2
Высота корпуса до верхней палубы H , м	8,2	9,5
Кубический модуль LBH , м ³	7250	8900
Осадка T , м	4,8	4,9
Мощность двигателей N , кВт	3×1000	2×490
Суммарная мощность электростанции $N_{эл}$, кВт	425	1240
Скорость, уз	13	11,7
Масса порожнем	1690	2400
Процентные доли (в массе порожнем):		
Металлический корпус	43	35
Оснащение корпуса	16	15
Устройства	9	8
Системы	8	8
Механизмы	14	20
Электрооборудование	4	3
Балласт твёрдый	1	6
Запас водоизмещения	2,5	3
Остатки топлива и воды	2,5	2

модулю LBH масс «Металлического корпуса» (первая позиция) видно, что для «Тропика» в эту массу не может входить масса «Оснащения корпуса». Она из-за разницы в методиках и неточности перевода попала в раздел «Устройства».

В нагрузке «Тропика» нет в явном виде «Систем общесудовых», но можно предполагать их наличие в разделе «Механизмы». Иначе более чем двойное увеличение этого раздела в процентном исчислении было бы ничем необъяснимо. Если же теперь из 30% по «Тропику» вычтём 10% на «Системы» и на «Остатки топлива и воды», то оставшиеся 20% хотя и больше, чем 14% у «Севера», но это соотношение величин более правдоподобно.

Чтобы не выискивать в дальнейшем неточности, подобные обнаруженным, следует рекомендовать в качестве предпочтительного варианта пользоваться модулем LBH . Для массы корпуса это дает возможность сразу же увидеть влияние класса рыболовного судна и применяемых материалов.

Для других разделов нагрузки удастся получить более стабильные измерители, отклонение от которых можно объяснить конкретными концептуальными решениями заказчика. Если при восстановлении структуры нагрузки перейти на современные стандарты, то в «Оснащение корпуса» войдёт «Технологическое оснащение», а по «Тропику» из массы «Устройств» надо забрать половину, так как промышленное оборудование обоих траулеров аналогично. Тогда по процентным долям можно исходить из величин, указанных в табл. 3. По всем позициям, кроме разделов «Металлический корпус», «Механизмы» и «Балласт твёрдый» показатели весьма близки. По отмеченным же трём разделам комментариев уже приводился.

Таким образом, на рассмотренном примере видно, что масса порожнем не может быть надёжной базой проектного пересчёта, эту роль должен играть кубический модуль LBH .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие теории проектирования судов и кораблей позволяет разрабатывать эффективные способы и приемы, помога-

ющие находить рациональные проектные решения и систематизировать опыт использования спроектированных объектов морской техники. Однако не все достижения используются для повышения достоверности проектного анализа. Одним из полезных методических приёмов является применение кубического модуля LBH как при первичном анализе баз информационных данных, так и в ходе проектных технических и экономических обоснований. Особенно важно применение кубического модуля при анализе вопросов нагрузки и конструктивной рациональности, вместимости и архитектурной компоновки, мореходности и непотопаемости. Примеры такого использования показали, что способы, основанные на применении кубического модуля, более работоспособны и достоверны, чем методические приемы, исходящие из понятий полной массы и водоизмещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин Н. В., Ляховицкий А. Г., Царев Б. А. Методология научной и инженерной деятельности в морской технике. – СПб., СПбГМТУ, 2000.
2. Аполонов Е. М., Таровик О. В. Регрессионно-аналитическая модель определения характеристик газозовов СПГ мембранного типа с различными ледовыми категориями // Судостроение. – 2013. №1. – С. 12–17.
3. Ашик В. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
4. Он же. Проблема линкоров // Судостроение. – 1939. – № 11.
5. Бубнов И. Г. Об одном методе определения главных размерений проектируемого судна // Ежегодник Союза морских инженеров, т. 1. – Петроград, 1916, с. 243–256.
6. Гайкович А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем. – СПб.: НИЦ-Моринтех, 2001.
7. Дехтярь Л. А., Костюков А. А., Ханухов В. К., Царев Б. А. Аналитические аспекты архитектурно-компоновочного проектирования морской техники. – Докл. первой секции на «круглом столе» по проблеме конкурентоспособности судостроительной промышленности. – СПб., НТО им. акад. А. Н. Крылова, 2008, с. 18–20.
8. Иванов В. П., Царев Б. А. Система проектных уравнений для рыболовных судов. – Докл. первой секции на «круглом столе» по проблеме конкурентоспособности судостроительной промышленности. – СПб., НТО им. акад. А. Н. Крылова, 2008, с. 80–83.
9. Каменский Е. В., Терентьев Г. Б. Рыболовные траулеры. – Л.: Судостроение, 1968.
10. Крылов А. Н. Воспоминания и очерки. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
11. Михелев К. С., Хайми А. Г., Царев Б. А. Исследование тенденций проектирования путём статистического и реконструктивного анализа // Мат-лы 6-й Международ. конфер. «Моринтех-2005», СПб., НИЦ-Моринтех, 2005, с. 64–69.
12. Нозид Л. М. Теория проектирования судов. – Л.: Судпромгиз, 1955.
13. Пишка А. Проектирование катеров. – Л.: Судпромгиз, 1963.
14. Поздюнин В. Л. Теория проектирования судов. – Вып. 1. – Л.: Изд. ЛКИ, 1938.
15. Савинов Г. В., Царев Б. А. Влияние структуры функционально оборудования судов на состав их оптимизационных моделей. – Мат-лы конфер. «Моринтех-2003», СПб.: НИЦ-Моринтех, 2003, с. 46–47.
16. Храмушин В. Н., Царев Б. А. Проектный анализ условий штормовой мореходности // Морские интеллектуальные технологии. – 2013. – № 1 (19). – С. 48–53.
17. Он же. Модульные задачи в проектировании судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1986.
18. Он же. Особенности проектной оптимизации судов с доминирующими функциональными подсистемами. – Тр. ЛКИ: Проектирование морских судов и плавучих технических средств, 1987, с. 41–46.
19. Царев Б. А., Левин Аунг Соэ. Проектный анализ нагрузки, вместимости и остойчивости рыболовных судов // Морские интеллектуальные технологии. – 2010. – № 2. – с. 15–19.
20. Царев Б. А. Значение метода И. Г. Бубнова при отображении функции и структуры проектируемых судов // В кн.: Теория и проектирование судов, вып. 211. – Л., Судостроение, 1974, с. 88–91.
21. Царев Б. А., Ханухов В. К. Анализ архитектурно-компоновочного облика при проектировании исследовательских судов // Морской вестник. 2010. – № 4 (32). – С. 95–99. ■

Актуальность работ по ледовой ходкости судов остается достаточно острой для России в связи с увеличением добычи углеводородного сырья на Арктическом шельфе, работой промыслового флота в районах Крайнего Севера, транспортировкой редкоземельных металлов с п-ова Таймыр, охраной наших арктических территориальных водных границ. Для решения этих задач исследования ледопроеходимости транспортных судов в условиях битых льдов остаются актуальными и сегодня.

В настоящее время не существует научно обоснованного подхода к проектированию транспортных несамоходных речных судов, приспособленных работать в условиях ледовой навигации. Методы расчета ледового сопротивления, разработанные для транспортных судов многими авторами [5], не всегда могут быть применимы к данному типу судов ввиду особенностей форм носовых оконечностей и соотношений главных размерений $B/T = (6-8)$ и значительных величин коэффициента общей полноты $\delta = (0,75-0,95)$. Необходимо также учесть, что несамоходные баржи имеют продолжительную цилиндрическую вставку в составе корпуса, около 90% длины конструктивной ватерлинии. Основным фактором невозможности применения ранее разработанных методик расчета сил ледового сопротивления при движении судов в битых льдах является то, что во многие расчетные формулы очень часто входит тангенс угла притыкания действующей ватерлинии к диаметральной плоскости корпуса судна [5]. Рассматриваемые в исследовании суда имеют значение вышеупомянутого угла, близким к 90° , что соответствует близким к бесконечным величинам тангенса. Данное обстоятельство дает в расчетах сил ледового сопротивления бесконечные или сильно завышенные значения, что не соответствует природе наблюдаемого явления движения судна с большим коэффициентом общей полноты в битом льду. Реальные суда обладают низкими качествами ледовой ходкости, но имеют установившееся движение в слое мелкобитого льда.

Наблюдения за работой судна в битых льдах позволяют заметить явление образования «ледовой наделки» в носовой части корпуса судна и определить ее геометрическую форму. Гипотеза достраивания частицами льда носовой оконечности наблюдаемого судна до четверти эллипсоида не противоречит картине взаимодействия корпуса судна с большим коэффициентом общей полноты и битым многослойным льдом.

Данный эллипсоид имеет все три главные оси различной величины и поэтому не может являться эллипсоидом вращения, как видно из рис.1. Этот факт

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ БИТОГО ЛЬДА ДВИЖЕНИЮ СУДНА

М. Ю. Сандаков, ст. преподаватель Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева,
Б. П. Ионов, д-р техн. наук, начальник отдела ОАО «ОСК»,
контакт. тел. (812) 494 1755

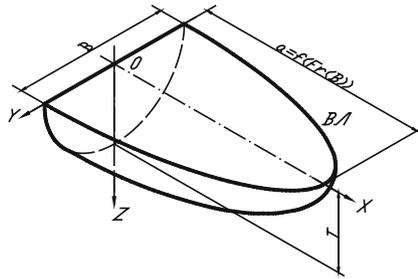


Рис.1. Геометрия ледовой наделки из мелкобитого льда в виде эллипсоида

позволяет применить математический аппарат для дальнейших исследований аналитически описанной поверхности.

Каноническое уравнение эллипса имеет вид

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}, \quad (1)$$

где $a \neq b \neq c$ – полуоси эллипсоида.

Согласно натурным исследованиям и результатам модельного эксперимента, длина полуосей эллипсоида определяется следующим образом [7, 8]:

$$a = B \cdot 2,61e^{-7,85F_{rB}}; \quad b = \frac{B}{2}; \quad c = T, \quad (2)$$

где B – ширина судна; T – осадка судна; F_{rB} – число Фруда, выраженное через ширину судна.

Так как для описания «ледовой наделки» необходима лишь часть эллипсоида, а именно его четверть, создадим граничные условия

$$0 \leq x \leq a, \quad -\frac{B}{2} \leq y \leq \frac{B}{2}, \quad 0 \leq z \leq T. \quad (3)$$

В результате исследования граничных условий и данных модельного эксперимента получим уравнение формы поверхности эллипсоида (4)

$$\frac{x^2}{(2,61e^{-7,85F_{rB}} B)^2} + \frac{y^2}{\left[\frac{B}{2}\right]^2} + \frac{z^2}{T^2} = 1. \quad (4)$$

Уравнение (4) позволяет в дальнейшем провести аналитическое исследование в определении сил ледового сопротивления движению судна, имеющего большой коэффициент общей полноты корпуса, используя методику расчета ледовой ходкости в битых льдах [5].

Изучаемый нами объект представляет собой толкаемый состав, состоящий из баржи и толкача. Суммарное значение ледового сопротивления битого льда очевидно будет состоять из суммы сил

$$R_{\text{сум.}} = R_{\text{тол.}} + R_{\text{л.н.}} + R_{\text{л.в.}}, \quad (5)$$

где $R_{\text{тол.}}$ – ледовое сопротивление толкача; $R_{\text{л.н.}}$ – ледовое сопротивление дстро-

енной обломками льда носовой оконечности баржи, «ледовой наделки»; $R_{\text{л.в.}}$ – ледовое сопротивление цилиндрической вставки корпуса баржи.

Значением $R_{\text{тол.}}$ можно пренебречь, поскольку корпус толкача имеет меньшую осадку, чем баржа (около 70%) и, самое главное, ширина его корпуса составляет 60%–70% ширины корпуса толкаемого судна. Поэтому толкач (при условии грузовой осадки баржи) движется в ледовом канале с битым льдом меньшей сплоченности, а, как известно, битый лед сплоченностью менее 4 баллов не оказывает значительного сопротивления движению судов [4].

Значение $R_{\text{л.н.}}$ определяется по методу Е.М. Грамузова. Работа, затрачиваемая на преодоление обломков льда, является значительной частью энергетических затрат судна, движущегося в ледяном поле. Как отмечается в [5], сопротивление обломков льда можно представить в виде

$$R_0 = (\rho_v - \rho_l)gh\Omega_n(\Phi_n + f\Phi_{\text{нт}}) + c_{\text{и}}\rho_l h \times \times Bv^2(\Phi_n + f\Phi_{\text{нт}}) + c_r\Omega_n v^2(\Phi_r + f\Phi_{\text{рт}}), \quad (6)$$

где ρ_v – плотность воды; ρ_l – плотность льда; g – ускорение свободного падения; h – толщина льда; Ω_n – площади смоченной поверхности носовой оконечности; f – коэффициент трения льда; $c_{\text{и}}$ – коэффициент инерционных сил; c_r – коэффициент гидродинамических сил; v – скорость движения судна; Φ_n – функция, обусловленная притапливанием льдин; $\Phi_{\text{нт}}$ – функция сопутствующего трения льдин; $\Phi_{\text{и}}$ – функция импульсного (инерционного) сопротивления; $\Phi_{\text{нт}}$ – функция трения импульсного (инерционного) сопротивления, обусловленного потерей кинетической энергии при ударе о льдины; Φ_r – функция гидродинамической составляющей пространственного взаимодействия обломков льда; $\Phi_{\text{рт}}$ – функция трения гидродинамической составляющей.

Параметрами формы корпуса, оказывающими влияние на ледовую ходкость в битом льду, служат некоторые функции геометрии ($\Phi_{\text{и}}$, $\Phi_{\text{нт}}$, $\Phi_{\text{и}}$, $\Phi_{\text{нт}}$, $\Phi_{\text{и}}$, $\Phi_{\text{нт}}$), характеризующие обводы корпуса судна (в нашем случае, также и формы ледовой наделки) с точки зрения ледового сопротивления.

В работе [3] предлагается следующий метод расчета функций геометрии. Направляющие косинусы рассчитываются через частные производные

от уравнения судовой поверхности. В нашем случае уравнение судовой поверхности легко выразить через уравнение формы ледовой наделки.

Расчет выполняется в следующей последовательности: вычисление частных производных, вычисление подынтегральной функции в узлах сетки и затем численное интегрирование.

Для функций инерционной силы и инерционной силы трения необходимо рассчитать определенные интегралы:

$$\Phi_{и} = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} n_x^2 dy; \quad (7)$$

$$\Phi_{ит} = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} \sqrt{1-n_x^2} dy; \quad (8)$$

Для их расчета, средствами Mathcad выразим из уравнения эллипсоида значение x :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{T^2} - 1 \text{ solve,}$$

$$x \rightarrow \left(\frac{a\sqrt{T^2b^2 - T^2y^2 - b^2z^2}}{Tb} - \frac{a\sqrt{T^2b^2 - T^2y^2 - b^2z^2}}{Tb} \right); \quad (9)$$

$$x = \frac{a\sqrt{T^2b^2 - T^2y^2 - b^2z^2}}{Tb}.$$

Найдем через частные производные значение направляющего косинуса nx при условии, что $z = 0$:

$$nx = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{dy}x\right)^2 + \left(\frac{d}{dz}x\right)^2}}; \quad (10)$$

$$nx \rightarrow \left[\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1 \right]^{-1/2}.$$

Выразив подынтегральные выражения, получим

$$nx^2 \rightarrow \frac{1}{\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1} - \text{simplify} \rightarrow \frac{b^2(b^2 - y^2)}{a^2y^2 + b^4 - b^2y^2};$$

$$nx\sqrt{1-nx^2} \rightarrow \frac{\sqrt{1 - \frac{1}{\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1}}}{\sqrt{\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1}} \rightarrow \text{simplify} \rightarrow \frac{\sqrt{a^2y^2/a^2y^2 + b^4 - b^2y^2}}{\sqrt{a^2y^2 + b^4 - b^2y^2}}. \quad (11)$$

Поскольку определенные интегралы можно рассчитать аналитически, вычислим их средствами Mathcad:

$$\Phi_{и} = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} n_x^2 dy = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} \frac{b^2(b^2 - y^2)}{a^2y^2 + b^4 - b^2y^2} dy; \quad (12)$$

$$\Phi_{ит} = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} n_x \sqrt{1-n_x^2} dy = \frac{2}{B_0} \int_0^{\frac{B}{2}} \frac{\sqrt{1 - \frac{1}{\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1}}}{\sqrt{\frac{T^2a^2y^2}{b^2(T^2b^2 - T^2y^2)} + 1}} dy. \quad (13)$$

Для расчета гидродинамических функций и функций притапливания необходимо рассчитать поверхностные интегралы

$$\Phi_{п} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} n_x n_z d\Omega; \quad (14)$$

$$\Phi_{пт} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} n_x \sqrt{1-n_x^2} d\Omega; \quad (15)$$

$$\Phi_{г} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} n_x^3 d\Omega; \quad (16)$$

не связано, поскольку все вычисления автоматизированы и объем ручной работы остается постоянным, изменяется только продолжительность вычислительных процессов.

Вычисления будут проводиться для правой половины четверти эллипсоида, а в последующем найденные величины интегралов будут удвоены.

Средствами Mathcad вычислено z при всех значениях

$$x \in \left\{ 0, \frac{a}{hx}, \frac{2a}{hx} \dots a \right\} \text{ и } y \in \left\{ 0, \frac{a}{hy}, \frac{2a}{hy} \dots b \right\}.$$

Таким образом, поверхность эллипсоида, а значит, и поверхность ледовой наделки, можно задать в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1

Координатная сетка поверхности эллипсоида

	$x_0 = 0$	$x_1 = \frac{a}{hx}$	...	$x_i = \frac{i \cdot a}{hx}$	...	$x_m = \frac{m \cdot a}{hx} = a$
$y_0 = 0$	$z(x_0, y_0)$	$z(x_1, y_0)$	...	$z(x_i, y_0)$	...	$z(x_m, y_0)$
$y_1 = \frac{b}{hy}$	$z(x_0, y_1)$	$z(x_1, y_1)$	...	$z(x_i, y_1)$	...	$z(x_m, y_1)$
...
$y_j = \frac{j \cdot b}{hy}$	$z(x_0, y_j)$	$z(x_{1m}, y_j)$	...	$z(x_i, y_j)$	...	$z(x_m, y_j)$
...
$y_n = \frac{n \cdot b}{hy} = b$	$z(x_0, y_n)$	$z(x_1, y_n)$	...	$z(x_i, y_n)$	...	$z(x_m, y_n)$

$$\Phi_{гт} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} n_x^2 \sqrt{1-n_x^2} d\Omega. \quad (17)$$

Интегрирование по поверхности заменяется интегрированием на плоскости заменой

$$d\Omega = n_z dx dy. \quad (18)$$

Таким образом, функции геометрии примут вид

$$\Phi_{п} = \frac{1}{\Omega} \int_0^a \int_0^b n_x n_z n_z dy dx; \quad (19)$$

$$\Phi_{пт} = \frac{1}{\Omega} \int_0^a \int_0^b n_x \sqrt{1-n_x^2} n_z dy dx; \quad (20)$$

$$\Phi_{г} = \frac{1}{\Omega} \int_0^a \int_0^b n_x^3 n_z dy dx; \quad (21)$$

$$\Phi_{гт} = \frac{1}{\Omega} \int_0^a \int_0^b n_x^2 \sqrt{1-n_x^2} n_z dy dx. \quad (22)$$

Не все интегральные выражения могут быть определены аналитически. Для вычисления функций $\Phi_{п}$, $\Phi_{пт}$, $\Phi_{г}$, $\Phi_{гт}$ применим метод численного интегрирования, используя программу Mathcad.

При выполнении численного интегрирования, необходимо разбить поверхность эллипсоида на мелкие интервалы. Количество шагов деления hx и hy (вдоль осей x и y соответственно), влияющих на точность вычислений, можно задать самостоятельно, при этом изменение точности расчета с трудоемкостью

Значения z в правом нижнем углу таблицы являются комплексными числами. Это связано с тем, что эти точки (где $z(x, y) \in \mathbb{C}$) не принадлежат поверхности эллипсоида и находятся снаружи по отношению к эллипсоиду.

Для того чтобы не учитывать эти точки, во всех дальнейших расчетах воспользуемся условием: если в данной ячейке при заданных x и y значение $z(x, y) \in \mathbb{C}$, то значение числа в ячейке равно нулю. Таким образом будут учитываться только те точки, которые принадлежат поверхности эллипсоида.

Далее вычисляются значения подынтегральных выражений при $x \in \left\{ 0, \frac{a}{hx}, \frac{2a}{hx} \dots a \right\}$ и $y \in \left\{ 0, \frac{a}{hy}, \frac{2a}{hy} \dots b \right\}$

с учетом условия $z(x, y) \in \mathbb{C}$, (\mathbb{C} – множество вещественных чисел).

Затем необходимо суммировать значения вычисленных подынтегральных выражений во всех заданных точках поверхности эллипсоида, а найденные суммы удвоить и умножить на $dx dy = \frac{a}{hx} \frac{b}{hy}$.

Выражения для гидродинамических функций и функций притапливания примут следующий вид:

$$\Phi_{п} = \frac{2}{\Omega} \sum (n_x n_z^2(x, y)) \frac{a}{hx} \frac{b}{hy}; \quad (23)$$

$$\Phi_{\text{пт}} = \frac{2}{\Omega} \sum (n_z \sqrt{1-n_x^2} n_z(x,y)) \frac{a}{hx} \frac{b}{hy}; \quad (24)$$

$$\Phi_{\text{г}} = \frac{2}{\Omega} \sum (n_x^3 n_z(x,y)) \frac{a}{hx} \frac{b}{hy}; \quad (25)$$

$$\Phi_{\text{гт}} = \frac{2}{\Omega} \sum (n_x^2 \sqrt{1-n_x^2} n_z(x,y)) \frac{a}{hx} \frac{b}{hy}. \quad (26)$$

В выражениях функции геометрии неизвестной осталась величина площади смоченной поверхности Ω . Площадь поверхности эллипсоида можно вычислить приближенно по формуле из [9]:

$$\Omega_{\text{эллипсоида}} = 4\pi \cdot \left[\frac{a^p \cdot b^p + b^p \cdot c^p + c^p \cdot a^p}{3} \right]^{\frac{1}{p}}, \quad (27)$$

где: a, b, c – полуоси эллипсоида. Если взять $p = 1,6075$, то максимальная относительная ошибка будет равна 1,061% [8].

Таким образом, площадь смоченной поверхности Ω , равная четверти площади поверхности эллипсоида ($\Omega = \Omega_{\text{эллипсоида}} / 4$)

$$\Omega = \pi \cdot \left[\frac{a^p \cdot b^p + b^p \cdot c^p + c^p \cdot a^p}{3} \right]^{\frac{1}{p}}. \quad (28)$$

Используя указанную выше методику, рассчитаем сопротивление обломков льда движению баржи пр. Р-167 при различных скоростях движения и различной толщине льда. Исходными данными будут: $L = 111$ м; $B = 21$ м; $T = 3,5$ м.

Скорость будет изменяться в пределах от 0 до 2,5 м/с, что сопоставимо с реальными скоростями движения барж в битых льдах.

Толщину льда будем принимать из интервала от 0,1 до 0,5 м с шагом 0,2 м, что часто наблюдается при работе судна в ледовых условиях.

По результатам расчета построим кривые зависимости ледового сопротивления носовой оконечности судна от скорости при различных толщинах льда (рис 2).

Значение $R_{\text{цвл}}$ (сила ледового сопротивления цилиндрической вставки корпуса судна) определим по методике, предложенной К.Е. Сазоновым [6].

В методиках [1, 2, 5] ледовое сопротивление цилиндрической вставки рассчитывается только в том случае если борт имеет некоторый наклон. При наличии же вертикального борта предлагается другой подход к определению вклада цилиндрической вставки в ледовое сопротивление судна. Физическую картину взаимодействия льда, притопленного корпусом, и цилиндрической вставки с вертикальными бортами можно описать следующим образом: на подводной части оконечности судна, где борта имеют

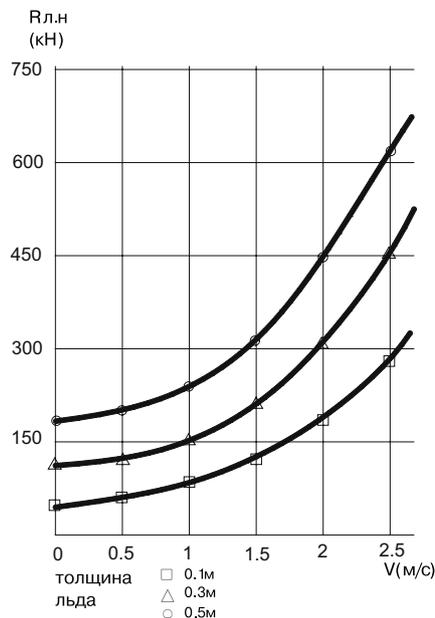


Рис. 2. Кривые зависимости ледового сопротивления носовой оконечности судна от скорости при различных толщинах льда.

наклон, формируется слой льдин, движущийся по корпусу. При попадании этого слоя на вертикальный борт происходит отрыв льдин от поверхности борта. Оторвавшиеся льдины свободно всплывают до неразрушенного ледяного покрова и образуют подводное ледяное нагромождение между бортом и льдом. Из теории равновесия сыпучих сред известно, что со стороны нагромождения на вертикальной борт действует усилие. Боковое усилие, действующее на вертикальный борт и отнесенное к единице длины цилиндрической вставки, запишется следующим образом.

$$F = \frac{Th}{k} g \Delta \rho \frac{\frac{\text{tg } \theta}{1 + \text{tg } \theta}}{f_{sh} + \frac{f_i + \text{tg } \theta}{1 - f_i \text{tg } \theta}}, \quad (29)$$

где $\Delta \rho$ – разность между плотностью воды и льда; f_{sh}, f_i – коэффициенты трения льда об обшивку корпуса и льда по льду соответственно; θ – угол наклона плоскости скольжения относительно борта судна.

Величину θ можно найти из условия максимума силы F , достигается при $\theta = 25^\circ$, в итоге можно получить приближенную формулу для оценки вклада вертикальных бортов цилиндрической вставки в полное ледовое сопротивление:

$$R_{\text{цвл}} = 0,64 f_{sh} \frac{h T L_{\text{цвл}}}{k} \frac{g \Delta \rho}{f_{sh} + \frac{f_i + 0,47}{1 - 0,47 f_i}}, \quad (30)$$

где $L_{\text{цвл}}$ – длина цилиндрической вставки. Здесь учтено, что нагромождение образуются у обоих бортов.

Анализ методики показывает, что величина ледового сопротивления цилиндрической вставки корпуса с вертикальными бортами может быть значительна, и поэтому эту составляющую сопротивления необходимо учитывать при расчетах ледовой ходкости транспортных судов. Из выражения (29) видно, что сила ледового сопротивления цилиндрической вставки корпуса с вертикальными бортами не зависит от скорости. Данный факт отразится на форме кривых зависимости ледового сопротивления от скорости при различных толщинах битого льда.

Предложенная методика расчета сил ледового сопротивления судна с большим коэффициентом полноты в битых льдах позволяет рассчитать ледовую ходкость для плавающих сооружений с нестандартными обводами корпуса и предоставляет попытку рассчитать буксировочные кривые для ледовых составов и караванов судов, движущихся в битом льду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев В.А., Рабинович М.Е., Яковлев М.С. Динамические расчеты ледоколов – Горький: Изд-во Горьковского политех. ин-та, 1979. – 67 с.
2. Алексеев Ю.Н., Сазонов К.Е. Метод расчета сопротивления льда движению судов // вопросы судостроения: Сер. Проектирование судов. – 1984. – Вып. 41. – С. 28–36.
3. Грамузов Е.М. Прогнозирование сопротивления сплошного льда при проектировании формы корпуса речного ледокола. – Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Горький, 1988.
4. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях. – Л.: Судостроение, 1986. – 207 с.
5. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов: Монография. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
6. Сазонов К.Е. Оценка вклада вертикальных бортов цилиндрической вставки в ледовое сопротивление судна. // Морской вестник. – 2008. – №4(28). – С.110–111.
7. Сандаков М.Ю. Проведение натурных испытаний нефтеналивной баржи пр. 167 в ледовых условиях совместно с разными толчками и ледоколами. – Мат-лы конфер. «Современные технологии в кораблестроительном образовании, науке и производстве», Н.Новгород, 2006, с.151–152.
8. Сандаков М.Ю. Гуцин Е.А. Модельные исследования ледовой ходкости судов с большим коэффициентом полноты в битом льду. – Мат-лы конфер. «Будущее тех. науки», НГТУ, 2010, с.237–238.
9. [http://prografix.narod.ru/ellipsoid_area.html]. ■

Живучесть корабля – одно из основных свойств, обеспечивающих безопасность его эксплуатации и эффективности решения возложенных на него задач. Это свойство характерно для всех сложных объектов, эксплуатируемых в экстремальных условиях (автотранспорт, авиация, и т.п.). В отличие от других свойств эксплуатируемых сложных систем живучесть обеспечивается не только конструктивно-техническими мероприятиями, но и действием личного состава, т.е. имеет место «человеческий фактор». Комплексная оценка живучести корабля усложняется тем, что необходимо решить многокритериальную задачу, так как каждый показатель живучести имеет свою критериальную оценку (частные критерии).

Рассмотрение методов многокритериальной оптимизации показывает, что все известные методы векторного синтеза оптимальной системы непосредственно или косвенно сводятся к скалярному синтезу [1, 2]. Это означает, что частные критерии, как правило, объединяются в составной критерий, который в дальнейшем минимизируется или максимизируется. Но если подобрать частные критерии, объективно характеризующие физическую сущность функционирования исследуемой системы, еще, в принципе, возможно, то отыскать объективные взаимозависимости между ними при объединении в составной критерий очень затруднительно, а порой и нереально. Кроме того, это объединение формальное, что неизбежно ведет к субъективности получаемого «оптимального» решения. В связи с этим в последнее время чаще прибегают к оценке альтернативных решений, чем к созданию самой оптимальной системы. Это дает возможность в отсутствии знания аналитического вида зависимости составного критерия искать оптимальное решение на основе критерия предпочтения одной системы перед другой.

Данный подход изложен в работе [3]. Представим комплексный критерий для оценки живучести корабля в мультипликативном виде

$$\bar{F} = \prod_{i=1}^n \lambda_i \bar{X}_{i \text{ опт.}}, \quad (1)$$

где λ_i – весовой коэффициент, учитывающий вклад каждого из «поражающих факторов» в возможную гибель корабля;

$$\bar{X}_{i \text{ опт.}} = 1 - \frac{X_i}{X_{i0}} \quad (2)$$

– запись исследуемого « i » параметра (частного критерия); X_{i0} – нормирующий делитель данных параметров, X_i .

Нормирующим делителем могут быть максимальное или минимальное значение исследуемого параметра, значение требуемых норм правил проектирования, Российского морского регистра судоходства, параметры прототипа и т.п.

Значение $\bar{X}_{i \text{ опт.}}$ определяется методом, основанном на принципе равенства, который означает, что в нормированном

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ КОРАБЛЯ

П. А. Шауб, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
Д. И. Кизилов, д-р техн. наук,
С. В. Московкина, науч. сотрудник,
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ
«Военно-морская академия»,
контакт. тел. (812) 405 0706

виде все частные критерии должны изменять свои значения в пределах 0–1. При этом желательно, чтобы все частные критерии были как можно ближе к своему максимальному значению – к единице, т.е. мы ищем тах функции \bar{F} при $C \geq f(X_{1 \text{ опт.}}, X_{2 \text{ опт.}}, \dots, X_{n \text{ опт.}})$, где C – ограничение: $\bar{F}(X_i) \leq C_i$, ($i=1 \dots n$).

Кроме того, должно соблюдаться еще одно условие – равенство их важности ($\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n$). Если аналогичные условия потребовать и от комплексного критерия (1), то условия оптимальности, согласно [4] запишется в виде

$$\frac{X_{1 \text{ опт.}}}{X_{i0}} = \frac{X_{2 \text{ опт.}}}{X_{j0}} = \dots = \frac{X_{n \text{ опт.}}}{X_{p0}}. \quad (3)$$

На основании вышесказанного для комплексной оценки живучести корабля рассмотрим пример составления критерия по формуле (1) по семи параметрам поврежденного корабля, которых может быть меньше или больше в зависимости от решаемой задачи и цели исследования.

С учетом принципа равенства зависимость (1) примет вид $\bar{F} = \prod_{i=1}^n \bar{X}_i$, (4) где \bar{X}_i – безразмерный параметр, $\bar{X}_i \in [0, 1]$, тогда $\bar{F} \in [0, 1]$. (5)

Если $\bar{X}_i < 0$, $\bar{F} < 0$, то по данному « i » параметру аварийный корабль не отвечает требованиям живучести.

Рассмотрим основные оценки аварийного состояния корабля:

– для оценки непотопляемости

$$\bar{X}_1 = 1 - \left(\frac{V_{\text{зп ав}} - V_{\text{зп о}}}{V_{\text{зп н}} - V_{\text{зп о}}} \right);$$

– для оценки остойчивости

$$\bar{X}_2 = 1 - \left(\frac{h_{\text{ав}} - h_{\text{о}}}{h_{\text{н}} - h_{\text{о}}} \right);$$

– для оценки прочности

$$\bar{X}_3 = 1 - \left(\frac{\sigma_{\text{ав}} - \sigma_{\text{о}}}{\sigma_{\text{н}} - \sigma_{\text{о}}} \right);$$

– для оценки пожаробезопасности

$$\bar{X}_4 = 1 - \left(\frac{W_{\text{п ав}}}{W_{\text{п о}}} \right);$$

– для оценки по фактору экипажа

$$\bar{X}_5 = 1 - \left(\frac{K_{\text{ав}} - K_{\text{о}}}{K_{\text{н}} - K_{\text{о}}} \right);$$

– для оценки аварийного угла крена

$$\bar{X}_6 = 1 - \left(\frac{\theta_{\text{ав}} - \theta_{\text{о}}}{\theta_{\text{н}} - \theta_{\text{о}}} \right). \quad (6)$$

Дополнительно в нашем случае отдельно оценивается опрокидывание аварийного корабля на волнении при шквальном ветре:

$$\bar{X}_7 = \frac{M_{\text{опр ав}}}{M_{\text{кр ав}}} \geq 1, \quad (7)$$

где $V_{\text{зп ав}}$ – фактический запас плавучести поврежденного корабля; $V_{\text{зп н}}$ – нормированный запас плавучести поврежденного корабля; $V_{\text{зп о}}$ – запас плавучести неповрежденного корабля; $h_{\text{ав}}$ – поперечная метацентрическая высота поврежденного корабля; $h_{\text{н}}$ – нормированная метацентрическая высота поврежденного корабля; $h_{\text{о}}$ – метацентрическая высота неповрежденного корабля; $\sigma_{\text{ав}}$ – напряжение от общего изгиба в основных перекрытиях поврежденного корабля; $\sigma_{\text{о}}$ – проектное значение напряжений; $\sigma_{\text{п}}$ – напряжения, разрушающие материал корпуса корабля; $W_{\text{п ав}}$ – относительный объем помещений, уничтоженный пожарами и взрывами по отношению к общему объему помещений корабля; $W_{\text{п о}}$ – предельный относительный объем разрушений, который может выдержать корабль вследствие пожаров и внутренних взрывов; $K_{\text{ав}}$ – значение убыли личного состава в результате аварии; $K_{\text{н}}$ – предельное значение личного состава, которое необходимо для эксплуатации судна и ведения борьбы за его живучесть; $K_{\text{о}}$ – количество личного состава неповрежденного корабля по проекту; $\theta_{\text{ав}}$ – аварийный угол крена поврежденного корабля; $\theta_{\text{н}}$ – нормированный угол крена поврежденного корабля; $\theta_{\text{о}}$ – начальный угол крена неповрежденного корабля (как правило, $\theta_{\text{о}} = 0$); $M_{\text{опр ав}}$ – опрокидывающий момент аварийного корабля с учетом волнения при шквальном ветре; $M_{\text{кр ав}}$ – кренящий момент аварийного корабля.

Окончательно комплексный критерий по выражению (4) в нашем случае примет вид: $\bar{F} = \prod_{i=1}^6 \bar{X}_i$. (8)

Для предпочтения одного из вариантов проекта корабля выбор делается по наибольшему значению \bar{F} .

Рецензент:

А. И. Гайкович, д-р техн. наук, проф.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Захаров И.Г.* Теория компромиссных решений при проектировании корабля. – Л.: Судостроение, 1997.
2. *Шауб П.А.* Особенности аналитического моделирования функциональных структур при функциональном проектировании. – СПб.: Моринтех–97, –1997.
3. *Он же.* Об одном подходе к поиску оптимального решения // Морской вестник –2012.–№ 1.
4. *Брахман Т.Р.* Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984.
5. *Шауб П.А., Московкина С.В.* Динамический крен поврежденного корабля на волнении при действии шквального ветра // Морской вестник. – 2013. – № 4. ■

Современный период возрождения российского судостроения требует новых подходов к оценке и обеспечению конкурентоспособности судовых заказов в условиях конкретного судостроительного производства.

Оценке конкурентоспособности уделено внимание в работах [1,6], где предложены такие показатели, как качество судов (например, отсутствие вибраций в процессе плавания), сокращение сроков строительства, и затрат на строительство и эксплуатацию судов и др.

По мнению авторов, для получения эффективных оценок конкурентоспособности требуется обязательный учет условий проведения работ на конкретном судостроительном предприятии, включая достигнутые уровни технического оснащения производства, организацию труда при строительстве конкретного заказа и технологичность конструкции судна и систем его насыщения, обеспечиваемую при проектировании. При этом предлагается выполнить сопоставительный анализ достигнутых показателей конкурентоспособности, отнесенных к определяющим классификационным, техническим и конструктивно-технологическим параметрам судов с учетом временного характера их изменения [5].

Вновь строящееся судно и процесс его создания относятся к большим техническим системам (БТС), технико-экономические, технические, технологические, организационные и иные характеристики судов и производственных процессов их создания являются взаимосвязанными. Вот почему обеспечение конкурентоспособности строительства судов в конкретных производственных условиях с учетом ограничений рынка предлагается выразить целевой функцией строительства судов в следующем виде:

1. Выполнение заданного объема работ за согласованную стоимость строительства заказа при не превышении сроков строительства, определяемых на этапе предпродажного проекта. Обеспечение качества судов, удовлетворяющих требованиям заказчика, и технико-экономических показателей производства при этом предлагается учитывать как ограничения. Сформулированная целевая функция математически может быть записана в следующем виде:

$$L_1 = \begin{cases} \tau_{стр.} \leq \tau_{стр.}^* \\ \{K1\} \end{cases} \begin{cases} C_{стр.} \leq C_{стр.}^* \\ T_{стр.} \leq T_{стр.}^* \\ \{K_{ij}\} \geq \{K_{ij}^*\} \\ \{TЭП_{ij}\} \geq \{TЭП_{ij}^*\} \end{cases} \quad (1)$$

где L_1 – сформулированная целевая функция; $\tau_{стр.}$, $\tau_{стр.}^*$ – фактический срок строительства и планируемый

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВЫХ ЗАКАЗОВ В УСЛОВИЯХ КОНКРЕТНОГО СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г. В. Герман, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ,

В. А. Рогозин, канд. техн. наук, гл. технолог,

*Г. А. Емельченков, зам. гл. инженера, ОАО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 714 8974*

по договору; $\{K_1\}$ – множество мероприятий по обеспечению строительства судна; $C_{стр.}$, $T_{стр.}$, $\{K_{ij}\}$, $\{TЭП_{ij}\}$ – фактические значения стоимости, трудоёмкости, множеств показателей качества и технико-экономических показателей производства, достигнутые в процессе строительства судна; $C_{стр.}^*$, $T_{стр.}^*$, $\{K_{ij}^*\}$, $\{TЭП_{ij}^*\}$ – аналогичные показатели, определяемые договорными обязательствами, техническими требованиями и планируемыми к выполнению на судостроительном предприятии.

Непревышение сроков, стоимости и трудоёмкости строительства, определяемых договорными обязательствами, позволяет получить прибыль судостроительному предприятию. Одновременно с учётом названных показателей должна быть определена выполнимость работ по договору для конкретных производственных условий судостроительного предприятия. В указанной связи возникает необходимость установления связей на укрупнённом уровне в соответствии с целевой функцией (1) в границах планируемой технологии строительства.

2. Для иной целевой функций, например, сокращения сроков строительства при не превышении стоимости и трудоёмкости работ, может быть предложена математическая модель вида:

$$L_2 = \min_{\tau_{стр.}} \begin{cases} \tau_{стр.} \leq \tau_{стр.}^* \\ \{K2\} \end{cases} \begin{cases} C_{стр.} \leq C_{стр.}^* \\ T_{стр.} \leq T_{стр.}^* \\ \{K_{ij}\} \geq \{K_{ij}^*\} \\ \{TЭП_{ij}\} \geq \{TЭП_{ij}^*\} \end{cases} \quad (2)$$

Обозначения в (2) аналогичны обозначениям в (1).

Множество показателей качества $\{K_{ij}\}$ закладывается при проектировании и обеспечивается в процессе строительства. Обеспечение показателей качества как обязательное требование определяется использованием инновационных технологий, техническим оснащением производства, организа-

цией производства, организацией труда, численностью и квалификацией работающих, равномерной загрузкой всех видов производств, определяемой при планировании и выполнении работ, своевременным информационно-логистическим сопровождением производства, опытом строительства заказов и т.д. В сегодняшних условиях названное множество мероприятий (решений, операций) планируется и выполняется судостроительным предприятием на системной основе на различных уровнях производственных структур и временных этапах строительства.

Финансирование и обеспечение поставок комплектующего оборудования, материалов, полуфабрикатов, решение задач конструкторско-технологической подготовки производства неизбежно увязаны с технологическими периодами строительства заказов, включая технологические этапы формирования укрупнённых объектов стальных работ (строительных районов, блоков, блок-модулей и целого корпуса судна), работ достроечного и сдаточного периодов. Сроки начала, окончания и продолжительности технологических периодов и этапов определяются, в конечном итоге, укрупнённой технологической схемой строительства на высшем уровне декомпозиции. При этом решение задач планирования и выравнивания загрузки всех видов производств должно базироваться на укрупнённых нормативах определения значений трудоёмкости всех видов цеховых, корпусоборочных, механомонтажных, электромонтажных, достроечных, сдаточных и других работ. Однако до сих пор не предложено увязывать названные и другие работы с техническим и организационным уровнем судостроительного производства, с выполнимостью работ в границах договорных соглашений на постройку заказа.

Не используются (или отсутствуют) также методы укрупненного нормирования работ, соответствующие условиям конкретного судостроительного производства.

Показатели производственной технологичности, закладываемые при проектировании судов, не в полной мере увязаны с возможностью сокращения всех видов затрат (денежных, трудовых, материальных, энергетических) при выполнении работ. Учет этой связи становится особенно актуальным на ранних этапах проектирования применительно к конкретным условиям производства. Необходимость обеспечения технологичности также не увязана с требованиями повышения технического и организационного уровня.

Реализация вышеуказанных требований с целью обеспечения строительства конкурентоспособных судов требует измерения (оценки) всех видов затрат на системной основе с учетом временных ограничений задач высшего уровня (по укрупненным видам и укрупненным объектам работ) на решения задач низшего уровня и учета результатов оптимизации решения задач низшего уровня с целью достижения качества и выполнения работ в заданные сроки (по подвидам работ, технологическим комплектам, плано-учетным единицам, бригадным участкам, технологическим процессам) в задачах высшего уровня.

В процессе обеспечения конкурентоспособности затратные показатели должны быть прогнозируемы, начиная с ранних этапов проектирования, и адекватны будущим условиям выполнения работ. Указанная проблема может быть решена за счет создания укрупненных нормативов трудоемкости, материалоемкости, энергоемкости, содержащих определяющие параметры судов и их изменения во времени [2,3].

На этапе предпродажного проекта судостроительному предприятию, участвующему в тендере, необходимо оценить значение трудоемкости строительства адекватно будущим условиям производства, а также оценить выполнимость работ по договору, на основе чего может быть получена оценка стоимости строительства заказа. Такую оценку [4] предложено дополнить оценками значенных показателей технического и организационного уровней.

На рисунке представлена схема, поясняющая оценку выполнимости работ.

Схема отражает кривую потребной готовности работ $Гот^{потр.}$ (кривая 1) на заказе, определяемой проектной технологией строительства судна по известным правилам, и прямую готовности возможной $Гот^{возм.}$ (прямые 2, 3), определяемые средними значениями

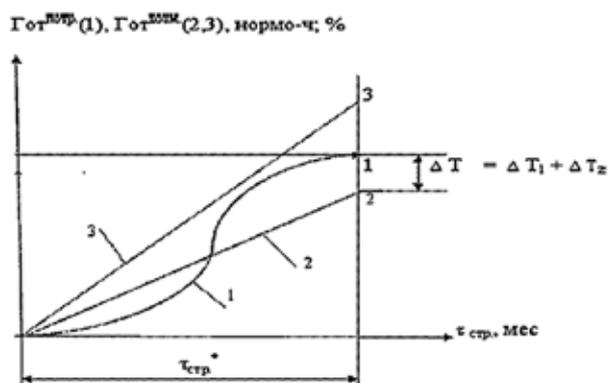


Схема оценки выполнимости работ на судне в соответствии с договорными обязательствами и возможностями судостроительного производства
1 – $Гот^{потр.}$, 2, 3 – $Гот^{возм.}$, норма-ч и % соответственно

возможного продвижения работ, соответствующих различным условиям производства. Точка «1» на схеме соответствует $Гот^{потр.} = 100\%$ (или равную $T_{стр.}^*$, см. [5]). Точки «2» (перегруз) и «3» (недогруз) на схеме определяют возможности судостроительного предприятия, рассчитываемые по результатам ранее построенных заказов.

В случае недогрузки (прямая 3, точка «3») предприятию следует принимать меры для пополнения портфеля заказов:

$$Гот^{возм.} = \tilde{p} \tau_{стр.}^*, \quad (3)$$

где \tilde{p} – среднее продвижение работ, рассчитанное по данным построенных за предыдущий период заказов; $\tau_{стр.}^*$ – срок строительства заказа, планируемый по договору.

Разность трудоемкостей по окончании работ в точках «1» и «2» – (см. [4]):

$$T^{потр.}_1 - T^{возм.}_2 = \Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2. \quad (4)$$

и определяет перегруз судостроительного предприятия, который может быть сокращён за счет обеспечения технологичности на ранних (эскизном и/или техническом) этапах проектирования (ΔT_1) или за счёт повышения технического уровня производства (ΔT_2) (применения более производительных станков, включая станки с ЧПУ, более совершенных технологических процессов, специализированных средств технологического оснащения, более стойкого режущего инструмента и т. д.). Реализация каждого из возможных решений предполагает определенную сумму затрат на техническое перевооружение производства и получение эффекта, зависящего от доли α_i работ, для которых предложено техническое перевооружение:

$$\Delta T_2 = \sum [\alpha_i^* (n_i - 1) / n_i], \quad (5)$$

где n_i – кратность повышения производительности труда при техническом перевооружении производства, раз; i – порядковый номер внедряемого мероприятия по техническому перевооружению производства.

Если на этапе технологической подготовки производства не определено значение ΔT_1 , то сокращение перегруза работами может быть достигнуто только за счет повышения технического уровня производства при одновременном повышении затрат на закупку (изготовление) нового оборудования, инструментально-измерительных приборов, внедрения более производительных технологических процессов.

Тогда необходимое повышение технического уровня производства $\Delta K_{ту}$ в обеспечение строительства конкурентоспособных заказов может быть определено следующим образом:

$$\Delta K_{ту} = \Delta T_2 / T_{стр.}^*; \quad Гот^{потр.} = 100\% \text{ при } T_{стр.}^*. \quad (6)$$

Необходимое значение технического уровня производства:

$K_{ту}^* = T_{стр.}^* / \tau_{стр.}^*$ – определяется средним значением потребного продвижения работ.

Разность трудоемкостей ($T^{потр.}_1 - T^{возм.}_3$) определяет недогруз работами, с целью сокращения которого предлагается пополнение портфеля заказов.

Сумма модулей разности $\sum_{i=1}^n |Гот_i^{потр.} - Гот_i^{возм.}|$ определяет необходимость совершенствования организации производства на всех временных шагах планирования работ $i = 1, n$:

$$K_{oy} = \left\{ \sum_i |Гот_i^{потр.} - Гот_i^{возм.}| \right\} / \tau_{стр.}^* \times T_{стр.}^*, \quad (7)$$

где K_{oy} – коэффициент организационного уровня работ, ожидаемый в процессе строительства нового заказа.

Совершенствование организации производства с целью строительства конкурентоспособных заказов может быть достигнуто при выравнивании загрузки за счет оптимизации планирования с использованием резервов загрузки, резервов времени работ, привлечения дополнительной численности работающих и т. д. Названная зада-

ча решается в процессе оптимизации планирования работ на системном уровне для различных уровней планирования (укрупненного, детального). При этом целевые функции оптимального планирования должны быть увязаны с целевой функцией (1) строительства конкурентоспособных судов (см. [2]).

Оптимизация планирования – системная задача, которая должна решаться судостроительным предприятием при выравнивании загрузки методами нелинейного планирования комплекса судостроительных работ с учетом временных ограничений технологии строительства (цеховых обеспечивающих работ, стапельных работ всех видов: корпусосборочных, изоляционных, механомонтажных, трубомонтажных, отделочных, электромонтажных, достроечных, сдаточных). Укрупненные организационно-технологические схемы работ должны рассматриваться в границах технологических периодов и этапов выполнения работ, плано-учётных единиц, укрупнённых объектов работ.

Целевая функция планирования оптимальной загрузки на высшем уровне, взаимоувязанная с целевой функцией строительства конкурентоспособных судов, может быть представлена в виде:

$$L_3 = \min [S_1 = \sum_i (\text{Гот}_i^{\text{потр.}} - \text{Гот}_i^{\text{возм.}})], \quad (8)$$

{K3}

где S_1 – интегральная разностная функция; $i = 1, n$ – порядковый номер временного шага планирования; $\text{Гот}_i^{\text{потр.}}$, $\text{Гот}_i^{\text{возм.}}$ – значения готовностей потребной и возможной на i -м временном шаге планирования; {K3} – множество вариантов решений, обеспечивающих выравнивание загрузки комплекса работ.

По результатам оптимизации планирования работ на высшем уровне в соответствии с (8) определяются граничные сроки выполнения укрупненных видов работ в укрупнённых объектах работ, а также сроки этапной программы поставок комплектующего оборудования, материалов, полуфабрикатов для обеспечения выполнения работ на детерминированной основе.

Решение задач оптимального планирования на высшем уровне может быть получено также с использованием вероятностного подхода, учитывающего влияние случайных внешних и внутренних факторов производства, изменяющих все виды затрат и временные характеристики организационно-технологических схем работ [2].

Оценки трудоемкости для решения задач планирования высшего уровня предлагается получать с учетом условий выполнения работ [5].

Оптимизацию планирования детальных видов стапельных работ, например, корпусосборочных, механомонтажных, электромонтажных и др. предлагается выполнять с использованием целевой функции L_4 для выборки соответствующих работ:

$$L_4 = \min [S_j = \sum_i (p_i^{\text{св.}} - p_i^{\text{потр.}})], \quad (9)$$

{K4}

где S_j – дифференциальная разностная функция; {K4} – множество мероприятий по обеспечению выравнивания загрузки детальных видов работ; $p_i^{\text{св.}}$ – продвижение работ, определяемое наличием свободной численности работающих; $p_i^{\text{потр.}}$ – потребное продвижение работ, определяемое результатами оптимального планирования загрузки в соответствии с (8); $i = 1, n$ – порядковый номер временного шага планирования.

Решение задач планирования оптимальной загрузки цеховых работ сегодня выполняется с использованием ПО CAD/CAM. Возможно решение названных задач методами динамического планирования (программирования) с использованием целевых функций (8), (9), увязанных с целевой функцией строительства конкурентоспособных судов (1).

Обеспечение конкурентоспособности строительства судовых заказов в условиях конкретного судостроительного предприятия выдвигает следующие требования:

1. Необходимость постановки и решения предложенных задач на системном уровне.
2. Формулирование и декомпозиция целевых функции сверху донизу.
3. Прогноз трудоемкости строительства судового заказа для условий конкретного судостроительного производства.
4. Определение выполнимости работ по строительству судового заказа на этапе предпродажного контракта.
5. Разработка системы укрупненных нормативов трудоемкости по видам и подвидам судостроительных работ различного уровня на основе опыта строительства предыдущих заказов.
6. Решение задач оптимального планирования работ на судовом заказе в целом, по видам и подвидам работ для различных уровней декомпозиции сверху донизу.
7. Выявление «узких мест» по результатам решения детальных задач планирования. Выравнивание загрузки работами с наиболее полным ис-

пользованием резервов времени работ и резервов загрузки работающих.

8. Учёт результатов решения задач оптимального планирования детальных работ в укрупнённых задачах планирования.

9. Разработка мероприятий в обеспечение сокращения или устранения рассогласований потребностей строительства в соответствии с договорными обязательствами и возможностями судостроительного предприятия по результатам решения задач оптимальной загрузки производственных подразделений. При разработке мероприятий обеспечение качества работ учитывается как ограничение, составляющие затрат могут варьироваться в пределах договорных обязательств.

10. Оптимизация системы информационно-логистического обеспечения на основе решений задач оптимального планирования работ высшего уровня на детерминированной и стохастической основе.

11. Совершенствование системы планирования и управления производством, начиная с ранних этапов проектирования на основе предложений по обеспечению конкурентоспособности строительства судовых заказов в условиях конкретного судостроительного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Л., Соколов В. Ф., Перельгин А. В. Судостроительное предприятие в условиях рынка. Проблемы адаптации и развития. – СПб.: Судостроение, 2003.
2. Герман Г. В. Методология управления технологией монтажа судового электрооборудования. – Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. СПб., 2003.
3. Он же. Методологические основы постановки и решения задач совершенствования технологий судостроения и судового машиностроения. II Российская науч.-практ. конференция судостроителей «Единение науки и практики – 2010», СПб., 2010.
4. Герман Г. В., Юрьев О. Ю. Новое в оценке и управлении процессом совершенствования судового электрооборудования производства. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – Сб. рефератов ДР., ВИМИ, 2003. – Вып. 3.
5. Герман Г. В., Rogozin В. А., Емельченков Г. А. Прогноз трудоемкости строительства конкурентоспособных судов с учётом условий производства // Морской вестник. – 2014. – № 1.
6. Грицан А. Б. Методы инженерно-экономического анализа в ценообразовании на суда и плавсредства. – Ч. 1. Производительность, конкурентоспособность и тенденции в отечественном и мировом судостроении, 2004. ■

1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

В современных условиях экономика определяет уровень технической оснащенности вооруженных сил, их дальнейшее развитие и способность выполнять поставленные перед ними задачи. Экономические ресурсы любого государства ограничены. И от уровня военных расходов зависит не только состояние его обороны, но и жизненный уровень населения.

Государство – крупнейший покупатель товаров и услуг для своих нужд. Поэтому функции достоверности и обоснованности расчетов цен, контроля за эффективностью использования бюджетных средств в процессе создания и закупки продукции военного назначения (ПВН) всегда будут обязательны и востребованы.

Следует отметить, что необходимость указанных функций возникла в незапамятные времена. Уже инженер периода правления Юлия Цезаря и одновременно выдающийся ученый-энциклопедист древности Витрувий в своей работе «Десять книг об архитектуре» описывает ситуацию, связанную с определением и обоснованностью затрат, следующим образом:

«1. В славном и великом греческом городе Эфесе издавна установлен, как говорят, строгий, но вполне справедливый, закон. Именно, архитектор, берущийся за выполнение государственной работы, должен объявить, во что она обойдется. По утверждению сметы должностными лицами в обеспечение издержек берется в залог его имущество до тех пор, пока работа не будет выполнена. Если по окончании ее окажется, что расходы соответствуют объявленным, то его награждают похвальным отзывом и другими знаками почета. Также если перерасходы превысят смету не более, чем на четверть ее, то они выплачиваются из государственной казны, и никакого наказания за это он не несет. Но если потребуются издержки свыше этой четверти на работу, то средства на ее окончание берутся из его собственного имущества.»

2. Да соизволили бы бессмертные боги, чтобы такой закон был установлен и римским народом не только для государственных, но и для частных построек. Ибо это прекратило бы безнаказанную наглость невежд, а занимать архитектурой, без сомнения, стали бы люди предусмотрительные, постигшие всю глубину знаний; домохозяйства не вводились бы в безграничные и безумные расходы, доводящие их до полной потери состояния, а сами архитекторы, в страхе перед наказанием, принужденные бы были действовать осмотрительно в составлении подсчетов издержек,

СОЗДАНИЕ ПРОТИВОЗАТРАТНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ПРОДУКЦИЮ ОБОРОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ДЛИТЕЛЬНЫМ ЦИКЛОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ*

ЧАСТЬ 1

А. Б. Грицан, зам. директора Отраслевого научно-технического центра ценообразования, трудоемкости строительства и ремонта кораблей и судов «Румб»,
контакт. тел. +7 (921) 961 3876, grizan56@mail.ru

благодаря чему домохозяйства строили бы здания за положенную, или только слегка превышающую ее, цену.» [1]

Следует указать, что в то время термином «архитектура» обозначали практически все отрасли инженерной науки, начиная от проектирования и изготовления катапульта и заканчивая непосредственно архитектурой в современном понимании этого слова. Но не следует думать, что работа Витрувия была единственной, обозначившей важность проблемы. В Евангелии от Луки (гл. 14:28), а это одна из книг Нового Завета, указывалось: «Ибо кто из вас, желая построить башню, не сядет прежде и не вычислит издержек, имеет ли он, все что нужно для совершения ее». Традиционно время написания Евангелия от Луки относят к 60-м гг. I в.

2. ТЕКУЩИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ОБОРОННУЮ ПРОДУКЦИЮ С ДЛИТЕЛЬНЫМ ЦИКЛОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В начале напомним читателю о принципиальном с экономической точки зрения различии между коммерческим судном и кораблем.

Философия создания коммерческих судов рассматривает судно как своего рода капиталовложение; первостепенное значение при создании судна играют экономические факторы. Коммерческие суда создают с целью получения прибыли, которая представляет разницу между валовым доходом, получаемым судном за перевозку грузов или пассажиров, и эксплуатационными расходами. Поэтому основной задачей становится постройка такого судна, которое будет генерировать минимальные затраты в течение своего жизненного цикла, что при прочих равных условиях в отношении получаемого на рынке валового дохода означает максимизацию прибыли. В связи с этим основным критерием при

создании гражданских судов является конкурентоспособность по затратам. Постройка судов по минимальной стоимости – важнейшая задача гражданской верфи, если она, конечно, хочет быть конкурентоспособной. И неудивительно, что к пяти важнейшим требованиям при создании грузового коммерческого судна относятся:

– необходимые грузоподъемность, скорость хода и осадка;

– минимизация стоимости постройки, влияющая на размер ежегодных погашений капитала, затраченного на постройку судна;

– минимизация годовых эксплуатационных расходов судна.

Философия создания военных кораблей совсем иная. Здесь главное значение играет боевая эффективность, или вероятность выполнения боевой задачи. Никому не нужен корабль, не способный решать боевую задачу в противоборстве с противником; иными словами, на театре военных действий фактически происходит конкуренция военной техники по критерию ее боевой эффективности, а не критерия минимальных затрат, как это происходит в случае с коммерческими судами или иной техникой производственно-технического назначения. Требования по минимизации затрат в течение жизненного цикла корабля также важны, но они не являются первостепенными. Поэтому при создании корабля довольно высок уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также работ по повышению качества.

В этом главное различие создания коммерческих судов и военных кораблей. Поскольку коммерческие суда создаются с целью получения прибыли, то стоимость их постройки и эксплуатации – основные факторы, с которым приходится считаться. При создании военных кораблей затраты – важный, но второй по значимости фактор. Если рост боевой эффективности может быть

* В данной статье эта проблема рассматривается на примере кораблей и судов, поставляемых по гособоронзаказу

достигнут ценой повышенных затрат, то такие затраты оправданны, поскольку они позволяют решить боевую задачу на более конкурентном уровне, чем противник. Конечно, при проектировании кораблей используются различные методы оптимизации типа «стоимость–эффективность», но от этого суть не меняется – затраты остаются вторым по значимости, хотя и важным фактором.

Вследствие этого философия верфи, строящей военные корабли, всегда будет затратной и противоположна философии гражданской верфи.

На сегодняшний день перед коммерческим и военным судостроением стоят различные задачи. Задачи коммерческого судостроения – снижение производственных затрат и сокращение сроков строительства. Кораблестроители, чья деятельность во многом определяется требованиями госзаказов и боевой эффективности, в первую очередь решают задачи оптимизации и контроля затрат на протяжении всего жизненного цикла изделия, а также интегрированной логистической поддержки в процессе эксплуатации.

Все вышеизложенное лишь подчеркивает тот факт, что создание военной техники с длительным циклом изготовления (к категории которой, безусловно, относятся корабли) сопровождается значительными затратами всех видов производственных ресурсов, фактический расход которых может в ряде случаев значительно превышать первоначально запланированный вследствие существования технических и экономических неопределенностей при создании кораблей. Более подробно этот момент освещен в статье автора [2].

Сложившийся в настоящее время подход к ценообразованию на военную технику в значительной мере основывается на принципе возмещения индивидуальных издержек предприятий, зачастую содержащих завышенные затраты, вызванные недостатками в организации производства и бесхозяйственностью. Такой подход позволяет им получать прибыль, не зависящую от эффективности хозяйствования. Наравне с этим в качестве базы для определения цен часто используют фактические затраты. Это создает предприятиям оборонного комплекса прямую заинтересованность в завышении цен без реального роста эффективности производства.

Экономически неоправданные подходы к ценообразованию приводят к отсутствию заинтересованности в экономии всех видов ресурсов при строительстве кораблей и судов, поставляемых по гособоронзаказу (ГОЗ) и для федеральных нужд.

В настоящее время отсутствуют единые принципы управления системой ценообразования на военную технику как

единым целым. В этой связи представляется необходимым указать на проблемы, требующие решения, и сформулировать те принципы, которые позволяют процесс ценообразования преобразовать в единую эффективную систему.

Главной задачей в настоящее время является создание системы ценообразования, имеющей противозатратный характер. Противозатратная система ценообразования – это система, препятствующая возникновению излишних или не обоснованных объективными факторами затрат. Одновременно она направлена на стимулирование ресурсосбережения, включая снижение трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости продукции. Основными *элементами* противозатратной системы ценообразования являются:

А. *Обоснованность затрат* как основа для формирования цены, которая достигается посредством проведения ряда различных процедур на стадиях жизненного цикла корабля (судна), как-то: использование, начиная с ранних стадий проектирования корабля, отраслевой экспертизы цен; создание нормативной базы на все виды основных производственных ресурсов (включая накладные расходы); проведение функционально-стоимостного анализа на стадии проектирования корабля; моделирование производственных процессов постройки корабля с помощью специальных программных средств (типа «цифровая верфь»); использование информационной модели корабля как основы для автоматизированных средств расчета затрат и цены корабля; создание единого информационного пространства в целях управления затратами и обеспечения логистической поддержки на протяжении жизненного цикла корабля. Более подробно об этом будет сказано ниже.

В. *Оптимальный уровень норматива рентабельности*, учитывающего различные факторы, стимулирующие подрядчика к ресурсосбережению и эффективной реализации контракта.

С. Выбор в качестве *критерия противозатратного ценообразования* минимизацию суммарных затрат за жизненный цикл корабля при заданной боевой эффективности.

Попытки создания такой противозатратной системы ценообразования были предприняты в СССР, отдельные ее элементы были созданы – в основном по пунктам «А» и «В»:

– например, была создана отраслевая экспертиза цен на суда и корабли;

– проводились работы по созданию нормативной базы в соответствии с утвержденным Министерством судостроительной промышленности «Комплексным планом развития нормативной базы ценообразования на суда и плавсредства производственно-технического назначения»;

– в 1982 г. в соответствии с Методикой Государственного комитета СССР по ценам от 7 декабря 1982 г. № 920 «Определение оптовых цен и нормативов чистой продукции на новые машины, оборудование и приборы» (п. 2.2.3.) был введен новый прогрессивный принцип определения прибыли в составе цены продукции, а именно: «Нормативная прибыль определяется на основе утвержденных по *соответствующим группам продукции* нормативов рентабельности к себестоимости за вычетом стоимости использованных сырья, топлива, энергии, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий», т. е. указанный принцип определял размер прибыли в составе цены продукции только от величины собственных затрат предприятия.

Однако сложившаяся к 1990 г. экономическая и политическая ситуация в стране не позволила продолжить указанные работы.

Рассмотрим более подробно каждый из приведенных выше элементов противозатратной системы ценообразования.

3. ОБОСНОВАННОСТЬ ЗАТРАТ

Отметим, что в соответствии со ст. 252 Налогового Кодекса, «1. *Расходами признаются обоснованные и документально подтвержденные затраты, осуществленные (понесенные) налогоплательщиком. Под обоснованными расходами понимаются экономически оправданные затраты, оценка которых выражена в денежной форме. Расходами признаются любые затраты при условии, что они произведены для осуществления деятельности, направленной на получение дохода.*

Сложившаяся к настоящему времени ситуация в сфере ценообразования на продукцию военного назначения, поставляемую по ГОЗ, требует возрождения системы экспертизы цен на такую продукцию, которая существовала в оборонных отраслях промышленности в советский период. Экспертиза цен на суда и корабли проводилась на основании Положения «Порядок проведения экспертизы цен на продукцию, судостроительной промышленности СССР» № 299012–60-П-80» и включала в себя проверку обоснованности расчетов затрат и цен, которые выполняли проектант корабля (судна) и предполагаемый завод-строитель. Существовавшая в то время система ценообразования комплексно охватывала все этапы создания и эксплуатации военной техники, производя контроль за обоснованностью цен и затрат, начиная с ранних стадий проектирования.

Так, например, в соответствии с утвержденным в то время порядком в судостроительной промышленности СССР в структуре отраслевого института технико-экономических исследо-

ваний (ЦНИИ «Румб») имелись головная организация по ценообразованию и экспертизе цен на корабли и суда плюс 21 базовая организации по ценообразованию, охватывающие судовое прибор- и машиностроение. В каждом отраслевом ЦКБ, занимавшимся проектированием кораблей (судов), в структуре технологического отдела имела группа ценообразования, на каждом судостроительном заводе существовал отдел цен. Цель всех вышеперечисленных подразделений состояла в контроле и управлении затратами на создание кораблей (судов), предотвращении возникновения необоснованных затрат, начиная с ранних стадий проектирования.

Еще раз подчеркнем, что экспертиза цен проводилась, начиная с ранних стадий проектирования корабля (эскизный проект, технический проект), а после заключения договора на его постройку по договорной цене экспертиза цены проводилась по необходимости. Экспертиза цен на стадии строительства корабля проводилась в следующих случаях:

- при рассмотрении предложений по изменению (повышению) цены корабля;
- в случае возникновения разногласий между Заказчиком и заводом-строителем корабля;
- в случае возникновения разногласий по цене комплектующих изделий и судового оборудования.

Аналогичные экспертизы проводились и в процессе модернизации, переоборудования и ремонта кораблей, т.е. на протяжении всего жизненного цикла кораблей.

Отдельным направлением совершенствования ценообразования в СССР был отказ, начиная с 1990 г., от формирования цен на продукцию на базе фактических затрат или калькуляций индивидуальных затрат и установление цен на базе разработанных нормативно-параметрических моделей цен. Одним из примеров такого подхода являлся преискурант Министерства судостроительной промышленности СССР № 20–02–82–1990 на продукцию судового машиностроения (судовые котлоагрегаты, сепараторы, коллекторы и др.), утвержденный Постановлением Совета Министров СССР от 14.06.1988 г. № 741.

По всей вертикали существовали единая методология и порядок формирования цен как для генерального подрядчика-поставщика конечной продукции (корабля), так и для поставщиков и субподрядчиков всех уровней кооперации.

Существовавшая в советское время система способствовала качественной для того времени подготовки документов для формирования и согласования

цен, проведению контроля за затратами с момента начала проектирования корабля и заканчивая его постройкой, используя также для этого такой инструмент, как экспертиза цен.

Похожая система ценообразования и контроля цен на продукцию военного назначения сохранилась до настоящего момента в военно-промышленном комплексе передовых развитых стран мира, поскольку необходимость в контроле за использованием средств налогоплательщиков предусматривается законодательно.

Так, например, во Франции важной особенностью ценообразования на вооружение и военную технику является проведение «ценовых исследований», которое предусмотрено Кодексом государственных закупок (ст. 125). Кроме того, это является обязательным положением заключаемых контрактов с государственным заказчиком. Общее количество проверяемых контрактов составляет ежегодно около 30 %.

В ходе проверки определяется обоснованность затрат, фактически понесенных предприятиями-исполнителями государственных контрактов и участников кооперации (субконтракторов). Полученные результаты проверок используются при ведении переговоров о поставках и разработках по новым, вновь заключаемым контрактам. Предусмотрены жесткие штрафные санкции за непредставление документов для ценовых исследований.

Другой задачей функционировавшей тогда системы ценообразования была оптимизация принимаемых проектных решений путем проведения функционально-стоимостного анализа, ибо известно, что нерациональный уровень будущих затрат на строительство кораблей на 80% обусловлен теми неоптимальными решениями, которые принимаются на стадиях проектирования. Ниже в табл. 1 приведена информация американской фирмы «Ratheon» («Design trades using Life Cycle Costs», Ratheon) о влиянии решений, принимаемых на различных стадиях жизненного цикла (ЖЦ), на стоимость ЖЦ [8].

Таблица 1
Влияние решений, применяемых на различных ЖЦ стадиях

Стадия ЖЦ	Удельный вес затрат стадии в общей стоимости ЖЦ, %	Влияние стадии на формирование уровня стоимости ЖЦ, %
Концептуальный проект	3	70
ТП и РКД	12	15
Производство	35	10
Эксплуатация и материально-техническое обеспечение	50	5

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) на современном этапе считается в военно-промышленном комплексе развитых зарубежных стран наиболее эффективным инструментом снижения себестоимости военной техники и цен на нее.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) – это метод системного исследования объекта (изделия, процесса, структуры), направленный на повышение эффективности использования материальных и трудовых ресурсов. Основные принципы ФСА:

- разделение затрат на необходимые и излишние;
- выявление и устранение излишних затрат;
- поиск экономичных вариантов конструкторских решений;
- реализация принципов функционального подхода, системного подхода, соответствия полезности функций затратам на их осуществление.

Основы ФСА были заложены в СССР в конце 40-х гг. XX в. Ю.М. Соколовым – инженером-конструктором Пермского телефонного завода; в США в 1947 г. – инженером компании «Дженерал электрик» Л.Д. Майлсом.

Наибольших успехов в использовании ФСА добилось Министерство электротехнической промышленности СССР. В результате применения нового метода себестоимость продукции на Пермском телефонном заводе снизилась в 1,7 раза. Наиболее интенсивное использование методов ФСА в Минсудпроме СССР происходило в 1983–1987 гг.

С 1962 г. министерство обороны США присуждает ежегодную премию за достижения в области проведения ФСА при создании военной техники. Так, например, в 2001 г. коллектив специалистов компании «Avondale Industries» (группа Northrop Grumman), проводивший ФСА по десантному кораблю LPD 17, получил эту престижную премию за разработку 34 предложений, которые позволили заказчику снизить затраты на строительство и получить в течение 40-летнего ЖЦ корабля экономию в сумме 4,3 млрд. долл. США.

Управление кораблестроения ВМС США начало использовать ФСА при закупке и проектировании военной техники с 1954 г. С 1962 г. министерство обороны США потребовало от фирм-разработчиков и поставщиков обязательного применения ФСА при создании заказываемой военной техники. В судостроительной промышленности СССР практическое использование ФСА началось только в 1983 г.

Стремительное развитие вычислительной техники и методов автоматизированного проектирования кораблей и судов

и имитационного моделирования производственных технологических процессов строительства кораблей и судов («цифровая верфь») в военно-промышленном комплексе зарубежных стран, в первую очередь США, способствовало переходу к автоматизированным системам нормирования, использующим не укрупненные, а микроэлементные нормативы труда и базы данных, созданные проектантом в составе информационной модели корабля. В частности, в США это позволило резко повысить обоснованность и достоверность затрат на постройку кораблей, снизить расходы федерального бюджета и создать автоматизированную систему расчета цен, одобренную ВМФ и Ассоциацией судостроителей США.

В настоящее время для судостроения создано несколько специализированных интегрированных систем, обеспечивающих автоматизированное проектирование, технологическую подготовку производства и организацию постройки судов. Среди таких систем можно выделить систему TRIBON шведской фирмы «Kockums Computer Systems» (KCS), FORAN испанской консалтинговой компании «SENER», CADD5 фирмы «Computervision» (CV), CATIA корпорации IBM, которые охватывают все основные этапы жизненного цикла судна – от проектного обоснования до сдачи готового судна заказчику.

Информационная модель судна (корабля) – ядро любой системы автоматизированного проектирования, применяемой в судостроении, и представляет собой объектно-ориентированную базу данных судна, содержащую всю информацию о проекте и представляющую собой все типы физических элементов, необходимых для постройки и эксплуатации корабля или судна.

Мировой опыт показывает, что невозможно достичь эффективной и производительной организации труда без создания единого информационного пространства и информационной модели изделия на протяжении его жизненного цикла. В целях эффективности управление современным предприятием должно осуществляться в условиях единого информационного пространства. Формирование такого пространства невозможно без широкого использования автоматизированных систем, решающих, в том числе, задачи ценообразования и нормирования производственных ресурсов, что позволит автоматизировать практически весь комплекс задач прогнозирования, оценки и технического обоснованного расчета затрат на основных этапах жизненного цикла корабля.

Единая интегрированная информационная среда «цифровая верфь» была создана в США и на практике используется во многих странах мира, при этом обычно

концентрируются в первую очередь на задачах военного кораблестроения, вызывающих особые трудности. К таким задачам, в частности, относится обеспечение:

а) достоверной информацией по проекту из единого источника, включая сопровождение изделия на протяжении всего жизненного цикла;

б) организации и координации эффективной совместной работы различных подрядчиков, подразделений и служб на этапе проектирования и строительства изделия;

в) контроля над ходом выполнения проекта и программы, а также обеспечение прозрачности хода выполнения для государственных заказчиков;

г) эффективной системы контроля расходов и доходов, включая анализ и динамическое обновление данных;

д) защиты интеллектуальной собственности в проектах и программах, в которых задействовано большое количество субконтракторов, поставщиков и партнеров. Ведение журнала контроля, фиксирующего ход выполнения проекта;

е) эффективной системой управления изменениями;

ж) средствами интегрированной логистической поддержки;

з) сохранности и передачи накопленного опыта и технологий следующим поколениям корабельных инженеров и конструкторов.

В результате внедрения единой интегрированной информационной среды «цифровая верфь» в кораблестроении США получен результат в виде:

– повышения исполнительской дисциплины;

– сокращения сроков строительства;

– комплексного снижения издержек.

В Великобритании, например, компания «BAE Systems Submarine Solutions» – генеральный подрядчик государственной программы по созданию атомных подводных лодок класса Astute (аналог отечественной АПЛ «Ясень») для сокращения сроков проектирования и строительства внедрила множество инновационных решений, одним из таких решений был отказ от создания физических прототипов и использование компьютерного моделирования с последующей визуализацией данных по постройке. Основная причина использования компьютерного моделирования с последующей визуализацией – это предоставление объективных данных специалистам, задействованным на этапе строительства субмарины. Несмотря на то, что рабочая конструкторская документация выпускается в бумажном виде, «BAE Systems» в качестве достоверного источника информации использует электронное представление. При этом соблюдается равенство электронного и бумажного документа.

Решение по визуализации данных на этапе строительства позволило «BAE Systems» решить множество проблем, вот некоторые из них: решение, позволяющее с помощью 3D-стереоскопического комплекса выявлять возможные пересечения между компонентами и сборками подводной лодки, благодаря чему изменения в проект удается внести до начала постройки конкретной секции. На самом же этапе строительства компания установила специальные терминалы в удобных кабинках, расположенных на специальном помосте по периметру подводной лодки. Эти терминалы предоставляют доступ специалистам, участвующим в процессе производства, ко всей информации, включая виртуальным 3D моделям, что позволяет наглядно рассмотреть секцию, отдельную ее зону, определенные системы и т.д.

Это позволило «BAE Systems» откатиться от физических прототипов, что дало возможность сэкономить значительные денежные средства.

Отставание отечественной промышленности в разработке и освоении современных информационных технологий, а также в формировании единого информационного пространства и создании информационной модели кораблей, затрудняет развитие сотрудничества отечественных предприятий с зарубежными партнерами и заказчиками, становится дополнительным препятствием в продвижении отечественной продукции на зарубежные рынки. В будущем это может привести к полной изоляции отечественной промышленности.

С нашей точки зрения, именно использование комплексной системы ценообразования на базе экспертизы цен и современных систем управления затратами на протяжении всего жизненного цикла продукции обеспечит в дальнейшем противозатратный характер ценообразования и снижение издержек производства и эксплуатации военной техники.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. *Витрувий*. Десять книг об архитектуре. – М., 2006 г.
2. Грицан А. Б. О точности расчетов стоимости постройки судов и кораблей для государственных нужд // Вопросы оценки. – 2013. – № 3.
3. Грицан А. Б. Методы инженерно-экономического анализа в ценообразовании на суда и плавсредства, ч. I. – Бостон, 2004.
4. О некоторых вопросах определения начальной цены Государственного контракта по государственному оборонному заказу. Постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. № 441
5. Определение оптовых цен и нормативов чистой продукции на новые машины, оборудование и приборы. Методика Государственного комитета СССР по ценам от 7 декабря 1982 г. № 920
6. Цены и ценообразование на оборонную продукцию. Министерство обороны СССР, Москва, 1985 г.
7. Чобиток В. А. Оценка боевой эффективности и технического совершенства вооружения и военной техники. Киев, 1984 г.:
8. Презентация фирмы «Ratheon». Design trades using Life Cycle Costs.
9. Armed services pricing manual. DoD, USA. ■

Закончилась Великая Отечественная война. Страна находилась еще в начальной стадии восстановления разрушенного народного хозяйства. Судостроение почти не действовало, флот оставался малочисленным и нуждался в восстановлении и развитии.

Миноносцы предвоенной постройки, известные «семерки», большей частью погибли в ходе военных действий, остальные уже не удовлетворяли новым требованиям. Следующие за ними «тридцатки» только создавались, но война помешала, удалось достроить в Поги лишь один из них – эсминец «Огнево́й». Этот корабль как бы подвел черту под довоенным проектированием эсминцев и явился прототипом, на основании которого еще в годы войны началось проектирование первого послевоенного эсминца пр. 30бис.

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

В феврале 1946 г. наркоматы были преобразованы в министерства, и уже 17 апреля 1946 г. распоряжением Совета Министров СССР № 5134-рс было разрешено Министерству судостроительной промышленности организовать в Ленинграде Центральное конструкторское бюро, присвоив ему № 53. С этой даты началась история «Северного ПКБ».



В. А. Никитин

22 апреля 1946 г. вышел приказ № 088 о преобразовании филиала ЦКБ-17, располагавшегося на территории завода № 190 (с 1935 г. – Ленинградский судостроительный завод им. А. А. Жданова, ныне – ОАО «СЗ «Северная верфь») в ЦКБ-53. Этот приказ МСП фактически узаконил уже сложившееся к апрелю проектное подразделение, ядром которого стали 128 сотрудников ЦКБ-17, переведенных

ПЕРВЫЕ ГОДЫ «СЕВЕРНОГО ПКБ»

В. Е. Юшин, д-р техн. наук, проф., академик Российской инженерной академии, ген. конструктор ОАО «Северное ПКБ» (1979–2012 гг.), контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674

1 марта 1946 г. в филиал ЦКБ-17 на заводе № 190. Тогда же в филиал были переведены 60 работников КБ завода им. А. А. Жданова.

20 марта 1946 г. в филиал влились 33 человека из КБ № 194, ныне – ФГУП «Адмиралтейские верфи». В итоге в апреле коллектив насчитывал 276 человек. Начальником нового ЦКБ был назначен Юрий Гаврилович Деревянко, главным инженером – выдающийся инженер-кораблестроитель Владимир Александрович Никитин.

Территориально ЦКБ-53 располагалось в пристройке к турбинному цеху Северной верфи (ныне – территория Кировского завода). В 1948 г. временно бюро перевели в здание на Петроградской стороне по адресу: ул. Льва Толстого, 7.

В 1950 г. было восстановлено здание заводоуправления ждановского завода, в котором значительную часть заняли подразделения бюро. Некоторые из них были размещены на территории завода. Это макетная мастерская, издательский отдел, часть архивов и служб бюро.

В 1951 г. начальником бюро стал П. В. Фролов, а главным инженером оставался В. А. Никитин. Проектным отделом руководил видный кораблестроитель О. Ф. Яков. В отделе работали ставшие затем известными главными конструкторами и их заместителями Н. П. Соболев, А. И. Таптыгин, А. Н. Кожеников и др.



А. И. Таптыгин

Деятельность бюро была направлена на окончание проектирования и выпуск рабочих чертежей по пр. 30К. Эти работы велись под руководством главного конструктора А. М. Юновидова. Было достроено 10 заложенных до войны эсмин-

цев по откорректированному пр. 30К, а также построена большая серия эсминцев пр. 30бис, техническое проектирование которых велось в 1946–1947 гг. под руководством главного конструктора А. Л. Фишера.



А. Л. Фишер

Эти корабли имели РЛС обнаружения надводных целей, РЛС воздушного наблюдения, стрельбовые, навигационные и гидроакустические станции. Создание этих кораблей стало заметной вехой в истории отечественного судостроения.

На корабле сохранялся состав вооружения, механизмов, основного оборудования и устройств довоенного эсминца пр. 30, хорошо освоенных промышленностью. Однако корпус эскадренного миноносца, исходя из опыта войны, а также с учетом научно-технического прогресса, решено было спроектировать заново. Для повышения устойчивости его сделали более широким, увеличили толщину наружной обшивки, а саму конструкцию корпуса выполняли сварной, оптимизированной для секционной сборки. При этом марганцовистую сталь, применявшуюся до войны и в военные годы, для изготовления клепаных корпусов было решено заменить на специальную судостроительную низколегированную сталь, обладающую хорошей свариваемостью.

Прочностные характеристики корпуса корабля должны были удовлетворять принятым в 1944 г. в СССР «Требованиям к выполнению расчетов прочности конструкций корпусов надводных кораблей», а также «Временной методике расчетов прочности конструкций кормовой оконечности». Технический проект и рабочие чертежи первого в отечественном фло-



Корабль пр. 30бис

те сварного эскадренного миноносца разрабатывались под руководством главного конструктора Арведа Людвиговича Фишера. Его заместителями были Г. Д. Агула и К. А. Масленников.

Технический проект, получивший номер 30бис, был утвержден Постановлением Совета Министров СССР № 149–75 от 28 января 1947 г. Головной корабль заложили на заводе № 190 16 мая 1948 г. Эсминец получил название «Смелый» и был спущен на воду 29 сентября того же года, а через год, 3 ноября 1949 г., предъявлен на государственные испытания. 21 декабря 1949 г. «Смелый» был принят в состав флота.

Строительство всей серии кораблей пр. 30бис, состоящей из 70 ед., завершилось в 1953 г., в рекордно короткий срок для судостроительной промышленности СССР.

Тактико-технические характеристики эсминца пр. 30бис

Водоизмещение, т:
 стандартное.....2325
 полное.....3075
 Размещения, м:
 длина наибольшая/по КВЛ
120,5/116,0
 ширина наибольшая/по КВЛ
12,0/11,8
 Осадка средняя, м.....3,9
 Скорость хода, уз:
 полного36,6
 экономического14,4
 Дальность плавания, мили
2900 (14,4)
 Тип ГЭУ, мощность, л. с.КТУ, 60000
 Экипаж, чел.286
 Вооружение:
 Артиллерийское:
 главный калибр2×2 130/50
 зенитная артиллерия1×285/52
 зенитные автоматы.....7×1 37/62
 Торпедное2×5 533 мм ГА
 Радиолокационное:РЛС обнаружения ВЦ, РЛС наведения орудий, навигационная РЛС

На ленинградском заводе № 190 и на заводе № 200 (завод им. 61 коммунара в Николаеве) было построено по 16 кораблей, а на 202-м в Комсомольске-на-Амуре и 402-м в Молотовске (ныне – Северодвинск) – по 18 кораблей.

Таблица

Эскадренные миноносцы пр. 30бис

Имя корабля	Год сдачи	Имя корабля	Год сдачи
Завод им. А.А. Жданова		Завод им. 61 коммунара	
«Смелый»	1949	«Бдительный»	1949
«Стойкий»	1950	«Безудержный»	1949
«Скорый»	1950	«Буйный»	1950
«Суровый»	1950	«Безупречный»	1950
«Сердитый»	1950	«Бесстрашный»	1950
«Способный»	1950	«Боевой»	1950
«Стремительный»	1951	«Быстрый»	1950
«Сокрушительный»	1951	«Бурный»	1951
«Свободный»	1952	«Беспощадный»	1951
«Статный»	1952	«Безжалостный»	1951
«Сметливый»	1952	«Бессмущный»	1951
«Смотрящий»	1952	«Беззаветный»	1951
«Совершенный»	1952	«Беспокойный»	1951
«Серьезный»	1952	«Бессменный»	1952
«Солидный»	1952	«Безотказный»	1952
«Степенный»	1953	«Безукоризненный»	1952
		«Безбоязненный»	1952
		«Пылкий»	1952
Завод им. Ленинского комсомола		Северное машиностроительное предприятие	
«Встречный»	1949	«Отчетливый»	1949
«Ведущий»	1949	«Огненный»	1949
«Важный»	1949	«Отрывистый»	1950
«Вихревой»	1950	«Отменный»	1950
«Вечный»	1950	«Острый»	1950
«Вспыльчивый»	1950	«Ответственный»	1950
«Величавый»	1950	«Отражающий»	1950
«Верткий»	1951	«Окрыленный»	1951
«Верный»	1951	«Осторожный»	1951
«Внимательный»	1951	«Озаренный»	1951
«Видный»	1951	«Охраняющий»	1951
«Волевой»	1951	«Отрадный»	1951
«Внезапный»	1951	«Оберегающий»	1951
«Выразительный»	1952	«Отчаянный»	1952
«Вольный»	1952	«Опасный»	1952
«Вразумительный»	1952	«Отзывчивый»	1952
«Вдумчивый»	1952	«Оживленный»	1953
«Вкрадчивый»	1952	«Ожесточенный»	1953

Одновременно с выпуском рабочих чертежей по пр. 30бис в 1946 г. началось проектирование хорошо вооруженного мореходного эскадренного миноносца стандартным водоизмещением 3000 т. Предложение конструкторского



Корабль пр. 41

бюро было принято. Задание на проектирование было утверждено правительством в июне 1947 г.

Эскизное проектирование нового корабля, получившего номер 41, велось с 30 октября 1947 г. по 25 марта 1948 г. под руководством главного конструктора В. А. Никитина. Почти год ушел на разработку технического проекта, а рабочий проект был завершен в 1950 г. Проект корабля отличался существенной новизной. Впервые в отечественной практике корпус эсминца выполнялся гладкопалубным, а не полубачным. Главная энергетическая установка размещалась эшелонно в двух машинно-котельных отделениях, что значительно повышало ее живучесть.

Принципиально новым было и артиллерийское вооружение из двух спаренных универсальных 130-мм артиллерийских установок. Впервые в отечественной практике радиолокационное управление стрельбой предусматривалось не только для «главного» 130-мм калибра, но и для 45-мм автоматов. К сожалению, задуманный в качестве основы океанических эскадренных сил крейсера флота «Неустрашимый» (такое наименование получил головной корабль пр. 41) не мог это реализовать, так как крейсера не были построены.

Имея значительную дальность плавания, он почти не покидал Балтийское море и большую часть своей жизни простоял в базе, и уже в январе 1974 г. был выведен из боевого состава флота. Проект из-за избыточного водоизмещения для данного состава вооружения был признан неудачным, и в июне 1951 г. вышло Постановление Правительства СССР о проектировании и строительстве модернизированных эсминцев пр. 41. Новый проект получил номер 56.

Работы в бюро начались с этапа технического проектирования. При этом рассматривалось пять вариантов, представленных В. А. Никитиным, В. Г. Королевичем, А. Л. Фишером и А. М. Юновидовым, причем последний предложил два варианта. Один из них и был выбран, но главным конструктором назначили В. А. Никитина. Однако уже в июле 1951 г. главным конструктором проекта утвердили А. Л. Фишера, а его заместителями стали А. И. Таптыгин и А. К. Перьков. Технический проект был представ-

лен в ноябре 1951 г. и утвержден в апреле 1952 г. Всего по пр. 56 в 1955–1957 гг. было сдано флоту 27 кораблей, ставших последними торпедно-артиллерийскими кораблями – «классическими» эсминцами отечественной постройки. Эти корабли были признаны лучшими в своем классе в мире. Ближайший зарубежный аналог – британские корабли типа «Daring». В 1952–1955 гг. в состав королевского флота вступило восемь таких эсминцев, имеющих стандартное водоизмещение 2800 т, скорость 30,5 уз и вооружение, включающее 2×3 114-мм универсальных орудий и 2×3 40-мм автоматов.

По артиллерийскому вооружению и скоростным характеристикам советский эсминец превосходил ближайший зарубежный аналог, практически не уступающий ему по другим основным характеристикам.

Учитывая подобие пр. 41 и 56, конструкторское бюро приступило к работе над новым кораблем непосредственно с этапа технического проекта, минуя эскизное проектирование. В процессе проектирования стало ясно, что уложиться в заданное водоизмещение и обеспечить заданную скорость и дальность плавания не представляется возможным. В бюро были приняты беспрецедентные меры по возможному снижению водоизмещения, даже издан приказ, предлагавший за предложения по снижению весов авторам выплачивать премию в зависимости от размера экономии веса.

Сравнительная экономия массы при одинаковом вооружении, основных механизмах и технических средствах, наряду с более рациональным выбором связей корпуса, использованием более прочных материалов, достигалась и другими, иногда и спорными решениями. Так, вместо пяти пожарных насосов с напором 16 кг/см², примененных на эсминце пр. 41, установили четыре с напором 8 кг/см². Из состава электрооборудования исключили ряд дублирующих подсистем, уменьшили количество опреснителей, кроме того, были сокращены площади и объемы жилых и служебных помещений. С целью экономии массы и обеспечения приемлемых параметров остойчивости часть надстроек выполнялась из дюралюминия. Однако из-за больших деформаций и вибрации, выявившихся еще в 1955 г. в ходе испытаний головного корабля, их трижды приходилось значительно подкреплять. В результате масса смешанной надстройки стала больше, чем если бы она была выполнена целиком стальной. Однако полностью устранить вибрацию так и не удалось, а развитые подкрепления снизили предельные углы обстрела 45-мм автоматов.

Хорошая мореходность корабля обеспечивалась тщательной модельной отработкой в бассейнах ЦНИИ им.акад. А. Н. Крылова, а также увеличением вы-

соты борта в носу (который стал на 1,5 м выше, чем на пр. 41) и обеспечением небольших развалов носовых обводов и оптимизации обводов кормы.

На головном корабле пр. 56 движительно-рулевой комплекс был практически аналогичен комплексу на пр. 41, но головной корабль «Неустрасимый» не смог развивать необходимую скорость полного хода, и необходимо было вносить какие-то изменения в конструкцию уже строящихся кораблей. Следовало в кратчайшие сроки выполнить большой объем научно-исследовательских и конструкторских работ, связанных с проектированием рулей и комплекса гребных винтов. Натурные эксперименты были перенесены на эсминцы пр. 56 «Спокойный» и «Светлый». По ходу их строительства в 1954–1955 гг. было выполнено несколько вариантов конструкции кормовой оконечности. Отличия заключались в количестве и типах рулей, размерах и характеристиках гребных винтов, способах опирания гребных валов (через кронштейны или выкружки). После проведения скоростных испытаний был выявлен оптимальный вариант конструкции кормы, обеспечивающий скорость полного хода 38,5 уз, а на некоторых серийных эсминцах удавалось превзойти и этот показатель: так, «Настойчивый» в 1957 г. развил скорость в 41 уз.

Испытания головного эсминца «Спокойный», как и «Неустрасимого», проходили далеко не всегда гладко. С ноября 1954 г. до 27 июня 1956 г. корабль шесть раз вводился в док для замены гребных винтов, четыре раза для ремонта выдвижного обтекателя антенны ГАС, а также для выполнения различного рода подкреплений. В программе испытаний «Спокойного» особая роль отводилась проверке мореходности корабля. Она проводилась с 3 по 16 декабря 1955 г. на Балтике при волнении моря

4 и 5 баллов и силе ветра 7–8 баллов соответственно. Было установлено, что при четырехбалльном волнении и выключенных успокоителях качки, начиная со скорости 18 уз, снижалась скорострельность и забрызгивались прицелы носовой артиллерии СМ2-1, а также носового и бортовых автоматов СМ-20. При кренах на циркуляции и качке свыше 20° терялось сопряжение целей артиллерийскими приборами главного калибра, визирными постами и антенными постами РЛС. На скорости свыше 24 уз приготовление и постановка мин становились невозможными.

В этих условиях нельзя было применить и противолодочное оружие, однако использование торпедного оружия ограничений не имело. При скорости более 24 уз над кораблем создавался сплошной поток брызг, делавший невозможным эффективное использование всего вооружения. С увеличением скорости резко падала эффективность действия успокоителей качки на полном ходу, степень умерения качки составляла 1,5–1,6, тогда как на 18 уз – 3,1. Но в целом приемная комиссия положительно оценила мореходные качества корабля.

В октябре–ноябре следующего 1956 г., уже после принятия в состав ВМФ, «Спокойный» отправился на дополнительные мореходные испытания в Баренцево море. Бортовая качка корабля оказалась меньше, килевая напротив больше из-за более длинной волны. В целом в отношении мореходных качеств «Спокойный» на Севере показал себя лучше, чем на Балтике.

Начавшееся техническое перевооружение и своеобразные взгляды нового руководства страны во главе с Н. С. Хрущевым на роль и облик флота отразились и на судьбе 56-го проекта. Запланированную серию из 100 кораблей ограничили 27 эсминцами.



Корабль пр. 56



Корабль пр. 56М

Недостроенные корпуса трех из них достраивались по пр. 56ЭМ и 56М с управляемым противокорабельным ракетным оружием, а один («Прозорливый») с самого начала заложили по пр. 56М. Эсминец «Бравый», последний в серии кораблей 56-го проекта, стал первым в отечественном флоте кораблем, оснащенным зенитным ракетным комплексом ближнего действия М-1 «Волна». Он рассматривался как экспериментальный корабль для отработки ЗРК малой дальности М-1 «Волна» – перспективного оружия кораблей различных классов.

Комплекс разрабатывался с 1955 г. на базе ЗРК сухопутных войск ПВО С-125 «Нева» в НПО «Альгаир». Двухступенчатая твердотопливная ракета В-600 (4К-90) с радиокомандным наведением создавалась МКБ «Факел» (главный конструктор – П. Д. Грушин). ЗРК мог

поражать низколетящие цели на дальности до 15 км, а цели, летящие на больших высотах (до 10 км), – до 24 км. В ходе переоборудования по пр. 56К с корабля демонтировали все прежнее оружие, размещенное в корпусе от первого торпедного аппарата: второй торпедный аппарат, три автомата СМ-20 ЗИФ, кормовую башню СМ-2–1, грот-мачту со смонтированными на ней антеннами. В кормовой части разместили зенитный ракетный комплекс с боекомплектом из 16 ракет.

Модернизация «Бравого» была проведена в 1959–1960 гг., главным конструктором пр. 56К являлся А. И. Таптыгин.

Отработанный на эсминце пр. 56К ЗРК «Волна» был принят на вооружение ВМФ в 1962 г., а в 1962–1971 гг. по пр. 56А, близкому к 56К, было переоборудовано восемь эсминцев. В дальнейшем эти корабли прошли еще одну модернизацию:

в районе кормовой дымовой трубы по борту на них разместили по два 30-мм спаренных автомата АК-230, а в носовой части рядом с автоматом СМ-20 дополнительно разместили две РБУ-6000.

На топе фок-мачты эсминцев появилась антенна трехкоординатной РЛС общего обнаружения МР-300. Облик боевых надводных кораблей начал постепенно изменяться.

Пришла эра ракетных кораблей, на которых артиллерия перестала играть главную роль.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вместе с флотом России. К 65-летию ОАО «Северное ПКБ»/ Под общей ред. В. И. Спиридопуло. – СПб.: ИД «Информ ВС», 2011.
2. *Никитин В. А.* О себе, времени и кораблях. – СПб., «Моринтех». 2004. ■

В мае 2014 г. четвертый корвет пр. 20380 «Стойкий» после успешного завершения морской части государственных испытаний вернулся на завод-строитель для проведения ревизии. «Стойкий» завершает первую группу кораблей серии пр. 20380, разработанного ОАО «ЦМКБ «Алмаз». Головной корабль – «Стерегищий» – передан Балтийскому флоту в феврале 2008 г. Первый серийный корабль «Сообразительный» с октября 2011 г. также несет службу на Балтийском флоте. Второй серийный – «Бойкий» – передан флоту в мае 2013 г.

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЕРИЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА КОРВЕТОВ ТИПА «СТЕРЕГИЩИЙ» НА «СЕВЕРНОЙ ВЕРФИ»

*ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 2985*

ного состава на фоне старения флота и отказ от перспективных планов его строительства. В результате, начиная

рация между наукой, кораблестроением и связанными с ним другими отраслями промышленности, огромные потери понесли гражданский и ВМФ, система базирования и терминалов.

За годы реформ потери флота по кораблям всех классов, рангов и типов достигли 557 ед. (Для справки: в Цусимском сражении потери составили 26 кораблей и судов). Это был разгром флота без войны, поражений, капитуляций и контрибуций. В итоге наш флот по своим боевым возможностям по оценкам ряда военно-морских экспертов, ориентировочно уступал: на Балтике шведскому и финскому флотам в 2 раза, германскому – в 4 раза, на Черном море турецкому флоту – 3 раза, ВМС Англии и Франции в 5–8 раз, ВМС США – в 20–30 раз.

Лишь через 10 лет после распада СССР командованию ВМФ удалось выйти на более или менее реальные программы кораблестроения, в соответствии с которыми первым стал корвет пр. 20380. Главкомат ВМФ, 1 ЦНИИ ВМФ Минобороны России и ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова только приступили к обсуждению возможности перехода на общемировую систему классификации.



Корвет «Стойкий» у достроечной набережной завода после завершения морской части государственных испытаний

Строительство кораблей нового поколения в условиях реформирования экономики и системы управления производством оборонной продукции шло непросто. Развал народного хозяйства, последовавший вслед за развалом СССР, привел к хроническому недофинансированию ВМФ, что повлекло за собой сокращение корабель-

с 90-х гг., наша страна существенно сократила свое присутствие в ряде океанских и морских районов.

Морской потенциал России резко уменьшился: около половины кораблестроительной инфраструктуры оказались в других странах СНГ; сократились выходы к морям на Балтийском и Черном море; разрушилась коопе-

В начале 90-х гг. ставка была сделана на достройку кораблей, заложенных или спроектированных еще в СССР. Вошли в строй тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий», БПК «Адмирал Чабаненко», эсминец «Бесстрашный» и ряд других боевых единиц.

Суть происходящего состояла в завершении «достроечной» эпохи и перехода к созданию нового флота, адаптированного к военно-политическим задачам и экономическим возможностям страны. Символом окончания постсоветской истории послужила закладка головного корвета пр. 20380.

Однако за парадной шумихой, неизменно сопровождающей появление в составе флота новых кораблей, многие предпочитали не замечать, что их однотипные собратья списываются на металлолом, не выслужив и половины установленного срока. Надежды на резкое увеличение финансирования привели к печальным результатам: простоявшие без ремонта несколько лет корабли практически умерли у причалов. Государство не смогло профинансировать строительство сторожевых кораблей пр. 12441 «Гром». В 1997 г. на калининградском судостроительном заводе «Янтарь» был заложен первый корабль этого типа – «Новик», однако он «оказался тяжел для судостроительной промышленности России и флота».

Начальный период строительства новых корветов пр. 20380 удалось завершить достаточно быстро. Начальником Управления кораблестроения

же участвовали завод «Янтарь», Зеленодольский судостроительный завод которые реальными шансами на победу не располагали. Основные претенденты находились в стадии мощного подъема. «Северная верфь» только что построила для ВМС Китая два эсминца пр. 956Э и вела переговоры о строительстве второй пары модернизированных эсминцев пр. 956ЭМ, а также строила серию сухогрузных судов «река-море». Балтийский завод строил три фрегата пр. 1135.6 для ВМС Индии.

Победа досталась ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь», единственному в то время судостроительному предприятию России, на котором были построены в новых экономических условиях два корабля класса «эсминец», что позволило, несмотря на проблемы, сохранить и упрочить профессиональный коллектив верфи, заново отработать кооперацию с сотнями предприятий. Кроме того, особенности конструкции корабля (гидроакустическая станция нового поколения, надстройка из композитных материалов, новые образцы вооружения) требовали ведения строительства в закрытом эллинге и применения технологии, которой обладала только «Северная верфь».

Подписание государственного контракта на строительство корабля состоялось 1 ноября 2001 г., а утверждение технического проекта – 14 декабря. Приказом главнокомандующего ВМФ № 425 от 19 ноября 2001 г. кораблю было присвоено историческое имя «Стерегущий».

Первоначально заказчик и конструкторы, наученные предшествующим «долгостроем», решили разместить на корвете лишь хорошо отработанные системы оружия и вооружения относительно невысокой стоимости, за исключением комплекса «Пакет» и радиоэлектроники. Поэтому при завершении технического проекта корабля предусматривалось проведение только пяти ОКР по созданию опытных образцов оружия и вооружения. Однако на стадии утверждения технического проекта количество образцов было увеличено до 27, а в период строительства корабля было выполнено свыше 55 ОКР, создано 38 новых образцов вооружения и военной техники. Отсутствие же запланированных в госбюджете средств на их создание и постоянное недофинансирование предприятий – поставщиков этих средств вооружения в 2002–2004 гг. привело к срыву сроков их разработки и испытаний, а затем и сроку разработки ЦМКБ «Алмаз» рабочей конструкторской документации. Срок выпуска и поставки на верфь рабочей конструкторской документации с 2003 г. автоматически перешел на 2005 г. Корректировка документации продолжалась практически весь период строительства, как и изготовление большинства опытных образцов.

Именно этим была нарушена концептуальная формула недорогого многоцелевого корабля, способного решать весь основной спектр задач надводных кораблей, а темпы строительства которого позволили бы обеспечить флот необходимым количеством корабельного состава.

Все вышеперечисленные факторы привели к изменению этапов «Ведомости исполнения» строительства корабля, как по срокам, так и по стоимости. В результате стоимость строительства головного корабля увеличилась ориентировочно в два с лишним раза.

Этим объясняют критику в адрес ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь», которая прозвучала на Морской коллегии. ВМФ остро нуждался в обновлении своего корабельного состава, который уже длительное время не пополнялся. Командование ВМФ, с одной стороны, торопило корабелов со сдачей головного корвета, а с другой – тормозило процесс новыми ОКР. Но, как известно, заказчик всегда прав.

При подготовке к строительству корветов руководство «Северной верфи» уделило особое внимание применению современных информационных технологий. Предприятие уже обладало серьезным заделом в этой области. В дальнейшем планировалось вести обмен информацией с проектантом не в традиционном бумажном виде,



Корвет «Стерегущий» на морских испытаниях

ВМФ 26 февраля 2001 г. была назначена комиссия для организации и проведения закрытого тендера по размещению заказа на строительство головного корабля этого проекта. Главными претендентами на победу в объявленном конкурсе были два завода: Балтийский и «Северная верфь». В конкурсе так-

Тем временем шла напряженная работа (можно сказать, борьба) по завершению технического проекта. Дело в том, что различные заказывающие управления флота длительное время, не имея новых заказов, хотели внедрить на новом перспективном корабле «все самое-самое».

а в электронном. Основой для этого стала 3-мерная электронная модель корабля, которую завод самостоятельно начал создавать по бумажным документам проектанта.

Завод стал инициатором подготовки решения Российского агентства по судостроению и ВМФ РФ «Об организации разработки методологии и внедрения CALS-технологий на заказах, строящихся в интересах ВМФ» и реализации «Программы работ по выполнению плотного проекта информационной поддержки этапов жизненного цикла сложных технических изделий судостроения (ИПИ-технологий)», утвержденной Министерством промышленности, науки и технологий.

Внедрение компьютерных систем позволило значительно повысить качество работы, при строительстве головного корабля нового поколения, переместив центр тяжести с производственной фазы на фазу конструкторско-технологической подготовки производства, тем самым снизить затраты на материалы на 10–15%, что привело к снижению трудозатрат на 20–30% по отдельным позициям.

Кроме того, использование 3-мерной электронной модели при строительстве головного корабля значительно сократило количество технических нестыковок при изготовлении сложных элементов корпуса, монтажа систем различного назначения и оборудования, позволило оперативно вносить изменение и уточнения на этапе подготовки производства и ранних стадиях строительства.

На верфи за счет частных и государственных инвестиций были проведены переоснащение основных производственных фондов: переоборудование и ремонт эллинга, кранового хозяйства, цехов подготовки производства: корпусообрабатывающего, сварочно-сборочного, трубомедницкого. Всего на эти цели было инвестировано более 35 млн. долл.

На церемонию закладка корвета «Стерегиущий» 21 декабря 2001 г. прибыли председатель Правительства РФ, полномочный представитель Президента РФ в Северо-Западном федеральном округе, губернатор Санкт-Петербурга, Главнокомандующий ВМФ России, другие официальные лица.

Почему пополнение российского надводного флота началось именно с корветов? «Стерегиущий», по официальной российской классификации, – «многоцелевой сторожевой корабль ближней морской зоны», а количество таких кораблей за последние годы в составе российского ВМФ резко сократилось, между тем нужда в них была значительная.

Малые противолодочные корабли пр. 1124 и 1331М (Grisha и Parchim II – по классификации НАТО), а также малые ракетные корабли пр. 1234 (Nanuchka – по классификации НАТО), которые за рубежом относят к классу корветов, предназначены для решения узкого круга задач, соответственно противолодочных и ударных. Прямыми предшественниками «Стерегиущего» можно назвать только сторожевые корабли пр. 50 (Riga – по классификации НАТО). Эти сторожевики, строившиеся серийно в 68 ед. в 50-х гг. прошлого столетия, были действительно многоцелевыми. При полном водоизмещении в 1200 т и скорости хода в 29 уз они вооружались тремя 100-мм универсальными артиллерийскими установками, двумя спаренными зенитными автоматами, торпедными аппаратами, глубинными бомбами, обычными и реактивными бомбометами, могли принимать до 26 мин (в КНР СКР этого типа, построенные по советской лицензии, оснащались и противокорабельными ракетами Hai Ying 2). «Полтинники» были «работными лошадками» советского ВМФ, ВМС Болгарии, ГДР, КНР, Индонезии и Финляндии. К началу 90-х гг. СКР пр. 50 исчерпали ресурс и морально устарели. Их списали.

Но вот что интересно: сама идеология «полтинников» как многоцелевых сторожевых кораблей ближней морской зоны не умерла. Она приобрела особую актуальность в последнее время и в полной мере соответствует современным требованиям, предъявляемым к кораблям класса «корвет». И это не случайно. Если в английском флоте корветы возродились в годы Второй мировой войны как корабли исключительно противолодочные, предназначенные для охраны конвоев от немецких «волчьих стай», а прототипом для

них послужили тихоходные китобойные суда, то в отечественном флоте сторожевики ведут свою родословную от миноносцев – кораблей быстроходных, имевших прежде всего наступательное вооружение. Не всегда это было оправданно, однако теперь востребованными оказались именно такие корабли, сравнительно дешевые и универсально вооруженные. Востребованность эта – не в последнюю очередь вследствие нынешней приверженности военно-морских деятелей западных стран концепции литоральной войны, когда флот одной стороны готовится к активным боевым действиям против территории другой из ее же собственной прибрежной зоны. Американский вариант этой модной концепции так и называется «Вперед... с моря» («Forward... from Sea»). Разумеется, в России не могли не учитывать подобные планы зарубежных стратегов. Вот почему корветы пр. 20380, несомненно, стали одним из первых элементов системы защиты территориальных вод нашей страны.

16 мая 2006 г. на «Северной верфи» был торжественно проведен спуск на воду головного корвета пр. 20380. Фактически «Стерегиущий» стал платформой для отработки новых образцов оружия, вооружения и военной техники, которые должны стать основой оснащения боевых кораблей Российского ВМФ в XXI в.

В целом проект получился, хотя достался очень тяжело. Головной корабль, «Стерегиущий», шел напряженно, однако на нем были соблюдены все требования, которые выставили ВМФ и Министерство обороны.

Когда появился первый корабль серии, прозвучало много нелицеприятного: вооружение слабое, затянутые сроки строительства и др. Да, но это был первый боевой надвод-



Подъем военно-морского флага на корвете «Стерегиущий»



Подъем флага на корвете «Сообразительный»

ный корабль, который задумывался и проектировался в России, строился и сдавался в России для отечественного флота. Все комплексы оружия, вооружения и технические средства были сделаны исключительно на территории страны. С момента начала работ по «Стерегущему», как считают специалисты, фактически началось строительство флота России XXI в., а этот корвет стал первым кораблем ближней морской зоны четвертого поколения.

Торжественное мероприятие – первый подъем военно-морского флага на корвете «Стерегущий» – состоялось на «Северной верфи» 27 февраля 2008 г. Впервые приехавший на «Северную верфь» в должности главкома ВМФ адмирал Владимир Высоцкий открыл торжественный митинг. Он сказал: «Сегодня знаменательное событие. Мы присутствуем на подъеме военно-морского флага на корабле, который в перспективе составит основу этого класса на всех российских флотах вплоть до середины 30-х гг. XXI в. Получился хороший корабль. Но нам нужны не хорошие корабли, а лучшие. Надеюсь, что при строительстве следующих заказов будет учтен наработанный опыт. Спасибо вам за корабль!»

В конце 2009 г. указом Президента РФ группа работников «Северной верфи» была удостоена государственных наград за создание «Стерегущего». Последующие корветы строились легче. Это заводчане почувствовали на практике, когда параллельно «рождались» еще три «брата» «Стерегущего».

В марте 2010 г. был спущен на воду первый серийный корвет «Сообразительный». Этот корабль, вошедший

в состав ВМФ в 2011 г., имеет принципиальные отличия от головного корабля этой серии. При строительстве были реализованы решения генерального заказчика – Минобороны России, касающиеся вооружения, общекорабельных систем, комплекса связи, систем автоматики. Значительно изменились конструкции корпуса и надстройки корабля.

Вторым серийным корветом этого проекта стал «Бойкий», который вошел в состав Балтийского флота в мае 2013 г., третьим в серии и последним в группе – «Стойкий».

Однако и на серийных кораблях остались нерешенные проблемы. Они не связаны с заводом-строителем и проектантом, а касаются поставок ряда комплексов и некоторых их параметров. Завод может построить корпус корабля быстро, а вот поставки задерживаются. Это – по серии. Кроме того, на верфи есть еще незавершен-

ные головные образцы. Проблема тут в другом: недостаточно проработаны механизмы регулирования выполнения ОКР, их финансирования, а также технического и научного сопровождения. Довести эти изделия до кондиции должно Министерство обороны совместно с головными исполнителями – корпорацией ТРВ, концерном «Алмаз-Антей».

В целом отношение к кораблям, вошедшим в состав Балтийского флота, хорошее, моряки позитивно оценили их эксплуатационные характеристики мореходные качества, энергетику, системы навигации, обитаемости и т. д. Корабли современные, у них большие задачи и большие возможности.

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время завод приобрел уникальный опыт серийного строительства кораблей нового поколения в новых экономических условиях.

К сожалению, при строительстве кораблей пришлось работать в системе устаревших требований Министерства обороны, а там, где это было невозможно – по отдельным решениям. Новой гармоничной системы требований так и не появилось. Это нас сегодня значительно затрудняет.

Второй вопрос – это качество поставляемых комплектов. Нельзя построить хороший корабль из плохих комплектов, да еще поступивших с задержкой.

И третье – это, конечно, люди. Нужно создавать привлекательные условия труда кораблестроителям, а не просто поднимать зарплату, нужно, чтобы молодые люди, которые заканчивают вуз и идут к нам, видели свою перспективу. Это одна из самых больших задач, стоящих перед руководством завода. Мы отвечаем за людей, люди сделают все остальное. ■



Корветы «Сообразительный» и «Бойкий»

10 июля в Санкт-Петербурге на территории ФГУП «Крыловский государственный научный центр» состоялось выездное собрание членов Ассоциации Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга. На собрании присутствовали директор или заместители директоров 40 предприятий из 46 предприятий-членов Ассоциации, вице-губернатор Санкт-Петербурга А. Н. Говорунов, зам. председателя Комитета промышленной политики и инноваций (КППиИ) Правительства Санкт-Петербурга С. А. Тальнишных, ответственный секретарь Морского Совета Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, представители НТО им. акад. А. Н. Крылова, зам. председателя территориальной организации профсоюзов А. Г. Гринько, представители прессы, ТВ.

Председатель собрания – Президент Ассоциации, председатель секции по судостроению Морского Совета В. Л. Александров.

А. Н. Говорунов выступил с приветственным словом, в котором отметил, что судостроение было и остается ведущей отраслью городской промышленности и науки и что 70% экспорта кораблей построено на наших верфях, а 80% проектов морской техники и научных разработок в области судостроения выполнено инженерами и учеными Санкт-Петербурга.

Участники собрания приняли следующую повестку дня:

1. Перспективы развития отечественного судостроения в свете Стратегии и действующих Государственных программ до 2030 г.

Доклад А. В. Дутова, ген. директора ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

2. Информация о бюджете страны на 2014 г. Сообщение И. Л. Вайсмана, зам. ген. директора ОАО «СЗ «Пелла», эксперта Ассоциации.

3. Текущее состояние и стратегия развития Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. Доклад Е. М. Апполонова, и. о. ректора.

4. Отчет о работе Ассоциации за 2013 г.

5. Информация: А. Г. Гринько, зам. председателя территориальной организации СПб и ЛО Межрегионального профсоюза работников судостроения и судоремонта; А. И. Затчаева, председателя Санкт-Петербургской региональной общественной организации «Союз ветеранов судостроения»

6. О принятии ООО «ИМГ Инженертехник и машиностроение. Россия» в члены Ассоциации.

7. Разное. О юбилейном заседании Морского Совета при Правитель-

ИТОГИ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области,
контакт. тел. (812) 786 1172*



Фото С. Михайлова

стве Санкт-Петербурга. Информация Т. И. Чекаловой, отв. секретаря Морского Совета. Другое.

В обсуждении докладов и сообщений принял участие В. Л. Александров, С. И. Буянов, И. Л. Вайсман, А. Н. Говорунов, Л. Г. Грабовец, В. Ю. Дорофеев, Г. В. Проценко, В. Я. Ходырев, Т. И. Чекалова.

Заслушав доклады и выступления, собрание отмечает:

По п. 1 повестки:

1. Индекс промышленного производства (ИПП) за 2013 г. в Санкт-Петербурге составил 98,8%, т.е. невыполнены, как и по другим субъектам СЗФО.

Вклад судостроения в общий показатель выполнения плановых заданий составил 6,3%, а в налоговый бюджет судостроение внесло 20% общего объема.

Средняя зарплата по промышленным предприятиям города составила 30-40 тыс. руб., в то время как на судостроительных предприятиях она составила 48 тыс. руб.

В 2014 г. в Санкт-Петербурге будет создан Центр кадрового обеспечения предприятий города с программой на 5 лет.

Под руководством Губернатора Санкт-Петербурга Г. С. Полтавченко возобновлена работа Промышленного Совета, в состав которого введен президент Ассоциации В. Л. Александров.

По информации докладчика, в ближайшее время будет проведено совещание у вице-премьера Правительства РФ Д. О. Рогозина с участием руководства города и Минобороны РФ по развитию

госзаказа (финансирование в 2013 г. составило 94%) и связанными с ним проблемными вопросами.

2. Системой стратегических документов четко, ясно, предметно и конкретно обозначены цели и задачи по их достижению.

3. К сожалению, имеются факторы, негативно влияющие на успех выполнения Стратегии и Государственной программы «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.» и, в первую очередь, неэффективно работающий Закон 305-ФЗ от 07.11.2011 г. и дискриминационный для верфей Закон 246-ФЗ от 19.07.2011 г.

По п. 2 повестки:

1. Объем целевых средств бюджета на пополнение уставного капитала судостроительных предприятий, принадлежащих государству, ежегодно сокращается. Очевидно, что оно рассчитывает на широкое внедрение в отрасли механизма привлечения инвестиций.

2. Объем субсидий для инвестиционных проектов модернизации и развития производственных мощностей, а также выделяемых заказчиком гражданских судов и морской техники российской постройки в десятки раз меньше субсидирования для этих целей в авиапромышленности и автомобилестроении.

По п. 3 повестки:

1. СПбГМТУ – это единственный вуз в России, где ведется подготовка кадров по всему спектру специальностей и научных направлений, связанных с проектированием и постройкой судов и кораблей всех классов и назначений, с разработкой

и созданием судовых энергоустановок и средств судовой автоматики, судового машиностроения, технических средств освоения Мирового океана, корабельного вооружения, специалистов в области экологической безопасности промышленных зон и акваторий, организации и экономики судостроительного производства.

2. Для решения поставленных перед судостроительной промышленностью задач требуется целенаправленная всесторонняя поддержка СПбГМТУ как уникального российского образовательного центра.

По п. 4 повестки:

1. Работа Ассоциации проводилась в соответствии с Уставом и согласно утвержденному плану работ на 2013 г. Смета расходов не превысила запланированной и утвержденной. Согласно Уставу проведено четыре общих собрания членов Ассоциации, на которых рассмотрены актуальные вопросы отечественного судостроения.

По п. 5 повестки:

Действующее соглашение Ассоциации судостроителей с межрегиональным профсоюзом работников судостроения и судоремонта на период 2012–2013 гг. выполнялось своевременно и в полном объеме. Территориальной организацией профсоюзов совместно с Ассоциацией подготовлено соглашение на 2014–2016 гг.

По п. 6 повестки:

1. ООО «ИМГ Инженертехник и машиностроение. Россия» активно сотрудничает с рядом судостроительных предприятий СПб и ЛО, а также других регионов России.

РЕШЕНИЕ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ:

По п. 1 повестки:

1. Информацию о деятельности Комитета промышленной политики и инноваций принять к сведению.

2. Считать необходимым дальнейшее сотрудничество предприятий-членов Ассоциации с Комитетом промышленной политики и инноваций при Правительстве Санкт-Петербурга.

3. Просить КППИИ и «ОСК» ускорить создание в Санкт-Петербурге Судостроительного кластера согласно соглашению от 29.09.2011 г. в целях развития судостроения города и области.

4. Руководителям предприятий-членов Ассоциации в своей работе уделить особое внимание кадровым вопросам и наладить тесное сотрудничество с создаваемым Центром кадрового обеспечения.

5. Ассоциации судостроителей совместно с Ассоциацией промышленных предприятий Петербурга и Союзом промышленников и предпринимателей СПб продолжить работу с Министерством промышленности и торговли РФ по решению проблем и вопросов, изложенных в открытом письме В. Л. Александрова

ва в адрес министра Д. В. Мантурова, опубликованном в журнале «Морской вестник», 2013, № 2(46).

6. Поручить С. И. Буянову совместно с И. Л. Вайсманом изложить в форме письма в адрес министра Минпромторга РФ Д. В. Мантурова предложения, высказанные в своих выступлениях. Копию письма направить в Совет безопасности РФ.

7. Ассоциации подготовить и организовать встречу руководства Петербурга с руководством Минпромторга РФ, «ОСК» и концернов по вопросам взаимодействия в обеспечение выполнения Государственной программы строительства флота на период до 2030 г. Срок – 4-й квартал с.г.

8. Обязать руководителей предприятий-членов Ассоциации провести сверку с «ОСК» потребности в рабочих и инженерных кадрах и информировать о результатах руководство города. Срок – 3-й квартал с.г.

По п. 2 повестки:

1. Информацию о бюджете страны на 2014 г. принять к сведению.

2. Просить «ОСК» и рекомендовать предприятиям-членам Ассоциации сформировать на основании действующих Программ для судостроения примерный перечень целевых статей бюджета для реализации приоритетных инвестиционных проектов развития мощностей ряда предприятий под освоение постройки конкретных типов судов, в первую очередь для Севморпути и обустройства Арктики.

3. Направить разработанный перечень в Департамент судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга РФ для использования в период формирования и рассмотрения бюджета на 2015–2017 гг.

По п. 3 повестки:

1. Доклад и. о. ректора СПбГМТУ принять к сведению.

2. Рассмотреть вопрос о создании Наблюдательного совета при СПбГМТУ. В состав совета предлагается включить следующих лиц:

В. Л. Александров, проф. СПбГМТУ, президент Ассоциации судостроителей СПб и ЛО;
А. Н. Алешкин, ген. директор ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта»;

А. С. Бузаков, ген. директор ОАО «Адмиралтейские верфи»;

И. В. Вильнит, ген. директор ОАО «ЦКБ МТ «Рубин»;

В. Ю. Дорофеев, ген. директор ОАО «СПМ-БМ «Малахит»;

А. В. Дутов, Генеральный директор ФГУП Крыловский государственный научный центр»;

А. В. Кадилов, ген. директор ОАО «Балтийский завод – Судостроение»;

В. Г. Пешехонов, академик РАН, ген. директор ОАО «Электроприбор»;

А. Л. Рахманов, президент ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»;

В. И. Спиридопуло, ген. директор ОАО «Северное ПКБ»;

А. В. Шатохин, ген. директор ОАО Концерн «Океанприбор»;

А. В. Шляхтенко, ген. директор ОАО «ЦМКБ «Алмаз».

Задачами Наблюдательного совета станут оценка эффективности работы ректората вуза, подготовка рекомендаций по стратегии развития университета, координация связи университета с судпромом, поддержка эффективных проектов и инициатив. Е. М. Апполонов также обратился к вице-губернатору А. Н. Говорунову с просьбой кооптировать в состав совета представителя Администрации города.

По п. 4 повестки:

1. Отчет исполнительной дирекции о работе Ассоциации в 2013 г. признать удовлетворительным.

2. Отчет, проекты плана работы Ассоциации и сметы расходов на 2014 г. рекомендовать к утверждению президентом Ассоциации.

3. Обязать исполнительную дирекцию продолжить тесное сотрудничество с КППИИ и Морским Советом города.

По п. 5 повестки:

Соглашение между Ассоциацией и Территориальной организацией Российского профсоюза работников судостроения СПб и ЛО на период 2014–2016 гг. рекомендовать к подписанию.

По п. 6 повестки:

Принять ООО «ИМГ Инженертехник и машиностроение. Россия» в члены Ассоциации. Результаты голосования: За–40, против – нет.

По п. разное:

1. План подготовки и проведения в Санкт-Петербурге в 2014 г. общегородских праздничных мероприятий, посвященных Дню судостроителя принять к сведению. Ориентировочная сумма затрат – 4 млн руб.

Мероприятия в Санкт-Петербурге, посвященные профессиональному празднику «День судостроителя», провести 30 октября 2014 г. в соответствии с утвержденным планом.

2. Принять к сведению решение вице-губернатора А. Н. Говорунова о финансовой поддержке этого мероприятия из бюджета города.

3. Информацию о предстоящем юбилейном заседании Морского Совета принять к сведению.

4. Поддержать предложение Т. И. Чекаловой о представлении кандидатуры президента Ассоциации и председателя Секции по судостроению Морского Совета города В. Л. Александрова на награждение почетной грамотой губернатора Санкт-Петербурга.

Поручить исполнительной дирекции направить настоящее Решение всем участникам собрания, в Департамент судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга РФ, «ОСК». ■

25 июля 2014 г. исполнилось 60 лет Председателю Санкт-Петербургского Морского Собрания, Председателю Совета Ассоциации Морских Собраний России Николаю Владимировичу Орлову.

Родился Н. В. Орлов 25 июля 1954 г. в станице Жуковская Ростовской области. После окончания средней школы поступил в Одесское высшее мореходное училище на судоводительский факультет. По окончании училища был призван в ряды Вооруженных Сил СССР. Службу проходил на подводных лодках Северного флота, окончил Военно-морскую академию имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова и Санкт-Петербургскую академию государственной службы при Президенте РФ. В декабре 2002 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени «кандидат политических наук» по теме: «Обоснование создания Объединенного Морского министерства России». В 1985 г. был направлен на работу за рубеж. С апреля 1985 г. по март 1987 г. работал в войсковой части ограниченного контингента войск в Демократической Республике Афганистан в должности начальника квартирно-эксплуатационной службы. Во время службы проявил себя исключительно с положительной стороны. За отличное исполнение служебного долга неоднократно поощрялся и награждался командованием, имеет награды за безупречную службу от руководства Министерства обороны СССР.

По возвращении в Ленинград был назначен управляющим трестом, а затем в феврале 1989 г. избран первым заместителем председателя Исполнительного Комитета Калининского района города.

В сентябре 1993 г. перешел на работу в аппарат Полномочного представителя Президента РФ по Ленинградской области. В апреле 1995 г. воссоздал Санкт-Петербургское Морское Собрание и был избран его председателем.

Н. В. Орлов – академик Санкт-Петербургской инженерной академии (отдел судостроения), Почетный доктор Военно-медицинской академии, Почетный работник морского флота России, Почетный работник транспорта, Почетный работник Российского морского регистра судоходства.

К 60-ЛЕТИЮ Н. В. ОРЛОВА

*Санкт-Петербургское Морское Собрание,
контакт. тел. (812) 315 2670*



В ноябре 2002 г. Правящим Князем Княжества Монако был назначен Почетным Генеральным Консулом Княжества Монако в Санкт-Петербурге.

Н. В. Орлов имеет государственные награды и награды зарубежных стран. За плодотворную работу по возрождению флотских традиций ГК ВМФ РФ объявил Николаю Владимировичу благодарность и наградил его золотым именованным холодным оружием.

Под руководством Н. В. Орлова Санкт-Петербургским Морским Собранием и Ассоциацией Морских Собраний регулярно проводится работа по подготовке и проведению торжественных мероприятий в честь знаменательных дат в истории Российского го-

сударства и его флота; возрождаются лучшие флотские традиции; восполняются белые пятна в истории ВМФ; пропагандируется морская служба; укрепляется авторитет нашего государства и флота, как в стране, так и за рубежом.

Во многом благодаря энергичной деятельности Николая Владимировича Санкт-Петербургское Морское Собрание пользуется заслуженным авторитетом не только в нашем городе, нашей стране, но и за рубежом.

Друзья, коллеги, ученики, Совет старшин и члены Санкт-Петербургского Морского Собрания поздравляют Николая Владимировича Орлова с 60-летием и желают ему доброго здоровья и творческих успехов. ■

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ, РЕДКОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «МОРСКОЙ ВЕСТНИК»

ПОЗДРАВЛЯЮТ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

НИКОЛАЯ ВЛАДИМИРОВИЧА ОРЛОВА С ЮБИЛЕЕМ, ЖЕЛАЮТ ЕМУ ЗДОРОВЬЯ

И ДАЛЬНЕЙШИХ УСПЕХОВ В ЕГО МНОГОГРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 500 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после публикации в журнале.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе. Рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.039.533.5 **Ключевые слова:** ОАО «СФ «Алмаз», корабль пр. 22460, плавучий кран, постройка, сдача

Июнь – жаркая пора на «СФ «Алмаз» // Морской вестник. 2014. №3. С. 7

Сообщение об итогах работы «СФ «Алмаз» в первой половине 2014 г.: сдаче трех самоходных плавучих кранов; закладке двух пограничных сторожевых кораблей пр. 22460, имеющих взлетно-посадочную площадку для легкого вертолета. Сдача этих кораблей осуществляется досрочно. Ил. 4.

УДК 621.039.533.6+621.165 **Ключевые слова:** ОАО «ЛСЗ «Пелла», новые площадки, развитие, ледокол-снабженец, морской буксир-спасатель, малый морской танкер, постройка

И. Л. Вайсман. «Пелла»: открываем новые горизонты // Морской вестник. 2014. №3. С. 9

Знакомит с работой ОАО «ЛСЗ «Пелла», которое занимает прочные позиции в своем сегменте – строительстве современных буксиров, судов технического флота, лоцманских и специальных катеров. Планируется постройка специальных судов арктического класса. Приведены технические характеристики сторожевого (поисково-патрульного) судна класса Анг 5, ледокола-снабженца класса Icebreaker и др. Особое внимание уделено перспективам развития фирмы: появлению новой площадки в г. Отрадное и приобретению немецкой верфи «Sietas Werfts». Ил. 13.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** суда внутреннего плавания, суда смешанного «река-море» плавания, анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность

Г. В. Егоров, А. Г. Егоров. Анализ риска эксплуатации сухогрузных судов проектов 21-88 и 21-89 // Морской вестник. 2014. №3. С. 11

Приведены результаты анализа происшедших с 1991 г. по настоящее время аварий с сухогрузными судами пр.21-88, 21-89 (так называемые «Чешки»). Всего было обработано 124 аварийных случая. Выявлены основные опасности, приводящие к авариям и катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности судов старше 37 лет с пиком аварий для судов возрастом 40–45 лет. Установлено, что главной опасностью является водотечность непроницаемого корпуса. Т.6. Ил. 10. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** лесовоз-пакетовоз, проект, характеристики, лесной груз, защищенность

В. В. Шаталов, В. В. Волков, Л. В. Михайлов. Многоцелевой лесовоз-пакетовоз дедевитом ок. 12 000 т с улучшенными характеристиками и передовой технологией защищенности и сохранности лесного груза // Морской вестник. 2014. №3. С. 19

Знакомит с пр. 00105 лесовоза-пакетовоза, имеющего улучшенные характеристики и предназначенного для перевозки не только лесного груза, но и других грузов: контейнеров, автомашин, металла, труб большого диаметра, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, генеральных грузов. Это позволяет сократить балластные переходы и повысить экономичность перевозок. Приведены характеристики судна, обозначены его преимущества. Т.1. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5:621.3 **Ключевые слова:** Littorial Combat Ship, BMC США, технический облик, LCS, эволюция

Д. Ю. Литинский. Littorial Combat Ship: игры в трансформеры? заканчиваются? // Морской вестник. 2014. №3. С. 23

Рассмотрены ситуация, сложившаяся в BMC США в период разработки концепции, проектирования и строительства LCS, а также эволюция технического облика проектируемого корабля и особенности реализации концепции различными исполнителями. Выполнено сравнение двух вариантов «платформы», приведены оценки недостатков кораблей, выявленных в процессе эксплуатации. Т.1. Ил. 10.

УДК 621.316.549 **Ключевые слова:** автоматические переключатели питания (АПП), автоматические переключатели сетей (АПС), судовое электропитание

Ю. А. Губанов, Р. С. Шемякин. Развитие средств для орга-

низации гарантированного электроснабжения и электропитания корабельных потребителей // Морской вестник. 2014. №3. С. 29

Проанализировано построение устройств автоматического переключения корабельных сетей нового поколения. Приведены характеристики конструктивных исполнений АПС и АПП, предлагаемых к поставке. Т.1. Ил.6. Библиогр.4 назв.

УДК621.315.2:629.5.001.4 **Ключевые слова:** кабельные изделия, срок службы, техническое состояние, диагностика

А. И. Миронов, О. А. Бельский. Диагностика кабельных изделий с целью продления срока их службы на кораблях и судах ВМФ // Морской вестник. 2014. №3. С. 34

На основе результатов обследования кабелей типов КРНЭГ, КМПЭВЭ, ПГРШМ и др. был сделан вывод об отсутствии старения или незначительном их старении на большей протяженности трасс. Для контроля оценки остаточного срока службы кабелей использовался кабельный полимерный индентор EPRI/OGDEN. Применение его позволяет вести неразрушающий контроль кабеля и давать оценку остаточного срока службы кабеля с оболочками из резины и ПВХ по модулям сжатия. Предложена формула для расчета среднего значения модуля сжатия. Освидетельствование кабелей с ПВХ и пластиковой изоляцией проводилось с помощью методов дифференциальной сканирующей микрокалориметрии и инфракрасной спектроскопии. Отчет об этой работе будет дан в следующей статье. Т. 2. Ил. 2.

УДК 621.579 **Ключевые слова:** компрессор высокого давления, типоразмерный ряд, ступени компрессора, объемная производительность, герметичность

Л. Г. Кузнецов, Ю. Л. Кузнецов, И. К. Прилуцкий, П. О. Галеев. Оценка эффективности работы компрессора высокого давления на V-образных базах с различным числом рядов // Морской вестник. 2014. №3. С. 39

Представлен расчет поршневых компрессоров, сжимающих воздух. При выполнении данной работы была поставлена задача спроектировать типоразмерный ряд компрессоров высокого давления на минимальный расход газа, соответствующий поршневому компрессору «ЭК3-1» завода ОАО «Компрессор», и более высокий, но с повышенной эффективностью, простотой сборки-разборки. Т.3. Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.643/644 **Ключевые слова:** теплообменный аппарат, расчет, холодильный масла, профилированная трубка, параметры, теплогидравлические испытания, методика

А. В. Шварева. Исследование теплотехнических характеристик плоских профилированных труб // Морской вестник. 2014. №3. С. 43

Рассмотрены предпосылки к созданию новой плоской профилированной трубки, представляющей собой пластину сечением сложной формы. Описан опытный образец холодильника масла МХД-4, изготовленный с целью проверки теплотехнических параметров при использовании профилированных труб в теплообменных аппаратах. Приведены основные принципы расчета теплообменных аппаратов с плоскими трубами. Представлены краткая программа и методика теплогидравлических испытаний холодильника. Проанализированы комплексный подход и обоснование проектирования теплообменных аппаратов с плоскими трубами. Т.1. Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.518 **Ключевые слова:** оператор, преподаватель, ошибка, эталон, действие, схема, модуль, эксперт, контроль, сообщение, тренировка, сценарий

В. В. Кобзев, Ю. Н. Сизов, И. В. Телюк. Автоматический контроль действий оператора при обучении на тренажере // Морской вестник. 2014. №3. С. 46

Предложен подход к решению актуальной задачи автоматизации контроля уровня обученности оператора в процессе занятий на тренажере, основанному на создании модуля эталонных сценариев в составе программного обеспечения. Рассмотрены схема контроля действий оператора и схема формирования сообщения об ошибке. Описаны состав модуля эталонных сценариев и принцип его работы. Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

УДК 658.5.012.7 **Ключевые слова:** приемочный контроль, бортовая система управления, критичный параметр, оценка технического состояния, интеллектуальная система

Ю. Ф. Подоплёткин, В. А. Смирнов. Технология прогнозирования контроля бортовых систем управления // Морской вестник. 2014. №3. С. 49

Приведены результаты исследования процессов приемочного контроля сложных технических объектов на примере бортовых автоматизированных систем управления летательных аппаратов. Рассмотрены основные операции прогнозирования контроля критических параметров с использованием интеллектуальной программной системы. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.51.015:519.9 **Ключевые слова:** движение судна, управление, возмущения, компенсация

Л. М. Клячко, Н. Н. Тарасов, Г. Э. Острцов. Управление движением судна с компенсацией возмущений // Морской вестник. 2014. №3. С. 52

Рассмотрен закон управления движением судном на развитом морском волнении, использующий восстановленные внешние возмущения, получаемые с помощью фильтра с интегральными невязками. Предложена методика корректировки коэффициентов усиления регулятора для повышения качества управления судном при наличии внешних возмущений. Выполнены анализ и моделирование корректированных законов управления движением судна. Ил. 9. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.5.067 **Ключевые слова:** магнитное поле, система размагничивания

Б. Ю. Семенов. Системы размагничивания для «малышей». Перспективы развития систем компенсации магнитных полей для кораблей сверхмалого водоизмещения, кораблей на воздушной подушке, воздушной каверне и кораблей-экранопланов // Морской вестник. 2014. №3. С. 57

Проанализировано современное состояние систем компенсации магнитных полей на кораблях сверхмалого водоизмещения, на воздушной подушке, воздушной каверне и кораблях-экранопланов. Представлены сведения о перспективных разработках ОАО «НПФ «Меридиан» с целью обеспечения указанных типов кораблей современными системами компенсации магнитных полей. Ил. 10. Библиогр. 1 назв.

УДК 656.621/626 **Ключевые слова:** ЗАО «Морские Навигационные Системы», системы «Manager-300Т», «Manager-301Т», «Manager-302Т», Модуль МИП2, параметры, документация

Е. В. Пименов. Опыт создания систем тахометров для морских и речных судов. Описание трех поколений систем индикации частоты вращения линии вала «Manager» // Морской вестник. 2014. №3. С. 62

Дан краткий обзор истории создания систем тахометров для морских и речных судов с описанием трех поколений систем индикации частоты вращения линии вала: «Manager-300Т», «Manager-301Т», «Manager-302Т». Основное внимание уделено разработкам ЗАО «МНС» комплектов тахосистем, их характеристикам и функциям. Ил. 3.

УДК 656.6.08.517:678 **Ключевые слова:** корабль, борьба за живучесть, система информационной поддержки

Д. А. Богданов, В. В. Гапанюк, С. Н. Соловьев, С. В. Ступенков, Р. А. Мыскин. Зарубежный опыт применения систем информационной поддержки борьбы за живучесть // Морской вестник. 2014. №3. С. 63

Своевременное обнаружение аварии или повреждения и набор рекомендаций по их устранению позволяют не только сохранить боеспособность корабля, но и, что не менее важно, свести к минимуму потери среди экипажа. Для решения этих задач предназначены информационные системы поддержки борьбы за живучесть. Данная статья посвящена зарубежному опыту в этом направлении, развитию информационных технологий, предназначенных для этих целей. Ил. 7. Библиогр. 9 назв.

УДК 678.026:621.314:681.3:629.12 **Ключевые слова:** ЗАО «Транзас», видеoinформация, подсистема обработки информации

В. Г. Лапо, Я. О. Неилко, А. Н. Погорелов, И. А. Крылов, А. П. Орлов. Подсистема обработки видеoinформации для кораблей ВМФ и пограничной службы // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 67

Знакомит с задачами, которые решают подсистемы обработки видеoinформации (ПОВИ) корабля. Особое внимание уделено средствам «дополненной реальности», которые ЗАО «Транзас» внедряет в свои системы, их особенностями, эффекту использования. Перечислены сопрягаемые системы. Рассмотрена унифицированная ПОВИ, разработанная ЗАО «Транзас» и отвечающая широкому кругу задач, решаемых кораблями ВМФ и погранслужбой. Ил. 4.

УДК 629.553 **Ключевые слова:** корабельные помещения, модель, пожароопасная обстановка, дискретные переменные (параметры) и функции; клеточные автоматы; тепловые поля; распределение горючих материалов и веществ

М. В. Марковский, А. В. Марковский, М. В. Михненко, В. Н. Круглиевский, В. А. Колесник. Принципы моделирования развития пожароопасных ситуаций на базе математического аппарата клеточных автоматов. // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 71

Выявлены преимущества использования дискретных систем для моделирования физических процессов, сопровождающих изменение пожароопасной обстановки и развитие пожароопасных ситуаций в корабельных помещениях. Предложен подход к решению задач моделирования тепловых полей и распространения горючих материалов и веществ в отсеке корабля. Сущность его заключается в том, что вместо традиционного составления и численного решения дифференциальных уравнений выполняется прямое имитационное моделирование процессов на базе клеточных автоматов. Ил. 1. Библиогр. 12. назв.

УДК 621.375.876:621.373.8:551.521 **Ключевые слова:** лазер, створ, визуальное ориентирование, подвижный объект, воздействие на зрение

П. И. Малеев, С. М. Слободян, А. А. Цупин, В. А. Цупин. К вопросу использования лазерных средств навигационного оборудования при движении кораблей и судов по криволинейным траекториям // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 75

Приведено решение задачи размещения лазерных средств навигационного оборудования (ЛСНО), обеспечивающее движение кораблей и судов по криволинейным траекториям. Выполнен численный расчет мест размещения лазерных сканирующих маяков (ЛСМ) на конкретном участке водных путей. Определены частоты сканирования лучей ЛСНО, обеспечивающие заданную равномерность экспозиции освещенности в сечении рабочей зоны. Показано, что для компенсации неравномерности освещенности необходимо мощность излучения ЛСНО увеличить на 50% по сравнению с расчетной. Ил. 4. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** П. И. Малеев, биография, навигация, управление движением подводной лодки, скрытность

В. Ю. Бахмутов, К. 85-летию П. И. Малеева // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 79

Знакомит с деятельностью доктора технических наук, старшего научного сотрудника Международной академии навигации и управления движением, ветерана подразделений особого риска, капитана 1 ранга в отставке, а ныне начальника отдела ГНИНГИ. Особое внимание уделено его вкладу в развитие гироскопических приборов, измерителей скорости и глубины и др. Ил. 1.

УДК 061.2 (100): 341.01: 658.012 **Ключевые слова:** ИМО, Подкомитет, задачи, роль

С. Ф. Легуша. ИМО-2014 – поворотный момент в работе организации // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 81

Подробно рассказано об изменениях в структуре и работе ИМО. Особое внимание уделено кругу вопросов ведения Подкомитетов новой структуры. Ил. 5.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** Северный морской путь, Арктическая зона, поисково-спасательное обеспечение, задачи, документы, перспективы

В. Н. Илюхин. О системе поисково-спасательного обеспечения плавания по трассам Северного морского пути // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 85

Обоснована необходимость развития поисково-спасательной системы Северного морского пути, которая должна обеспечить безопасность морской деятельности РФ на арктическом региональном направлении на основе комплексного решения проблем поисково-спасательного обеспечения морской деятельности РФ. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** В. Л. Александров, биография

К 70-летию профессора В. Л. Александрова. // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 88

В октябре 2014 г. профессору В. Л. Александрову, Президенту РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, Герою России, исполнится 70 лет. С его вкладом в развитие судостроительной отрасли в стране и, в частности ОАО «Адмиралтейские верфи», на котором В. Л. Александров проработал 44 года, знакомит статья. Ил. 1.

УДК 624.073 **Ключевые слова:** настил, блок аэрофиношеров, конструктивная схема, расчет, прочность, нагрузка, сила, параметр, конечно-элементная модель, конструкция, пластина, опорная балка

А. В. Канаев, М. А. Александров. Анализ конструктивной схемы настила блока аэрофиношеров и выбор параметров оптимизации // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 89

Предложена конструктивная схема настила блока аэрофиношеров и выполнен ее анализ. По результатам аналитических расчетов с учетом всех действующих нагрузок и требований, обеспечивающих прочность конструкции, приняты основные параметры настила. Дана оценка выбранной конструкции настила по методу конечно-элементной модели и подтверждена актуальность ее разработки. Т. 1. Ил. 15. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.077.1 **Ключевые слова:** оценка течения, сигма-точный фильтр Калмана, математическая модель движения судна

И. О. Маслов. Оценка течения с помощью сигма-точного фильтра Калмана // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 95

Проанализировано использование сигма-точного фильтра Калмана (СТКФ) для оценки поверхностного течения. Перечислены преимущества этого подхода. Рассмотрено применение расширенного СТКФ с ограничениями по искомым параметрам для оценки течения на скоростях движения более 3 уз. Фильтр включает в себя нелинейную модель движения судна, в которой параметрически связаны линейная, угловая скорости и угол дрейфа. Ил. 5. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.12.001 **Ключевые слова:** проектирование судов, кубический модуль, нагрузка, вместимость

В. К. Ханухов, Б. А. Царев. Применение кубического модуля при проектно-анализе нагрузки и вместимости // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 98

Показано, что одним из полезных методических приемов является применение кубического модуля для анализа баз данных и проектных обоснований. Особенно важно применение кубического модуля при анализе вопросов нагрузки и конструктивной рациональности, вместимости и архитектурной компоновки, мореходности и непотопляемости. Примеры использования продемонстрировали, что способы, основанные на применении кубического модуля, работоспособны и достоверны. Т. 3. Ил. 5. Библиогр. 21. назв.

УДК 629.124 **Ключевые слова:** битый лед, корпус судна с большим коэффициентом полноты, ледовая наделка, трехосный эллипсоид, ледовая ходкость, функции геометрии обвод корпуса, силы ледового сопротивления

М. Ю. Сандаков, Б. П. Ионов. Определение сил сопротивления битого льда движению судна // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 102

Затронуты вопросы движения транспортного судна, имеющего большой коэффициент общей полноты корпуса, в битом льду льда. Предложена новая гипотеза взаимодействия корпуса судна и обломков ледяного покрова. При движении в битом сплоченном льду полные обводы носовой оконечности корпуса судна толкают перед собой массы льда, тем самым «доставляя» корпус до более объектаемой формы. Изучена форма дюростроенной «ледовой наделки» и определены ее параметры. Создана и предложена методика расчета сил ледового сопротивления движению судов с большим коэффициентом общей полноты в сплоченных битых льдах. Т. 1. Ил. 1. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.5.01.2.014 **Ключевые слова:** живучесть корабля, сложная система, комплексный критерий, частные критерии, нормирование, принципы равенства, весовые коэффициенты, параметры, оптимизация

П. А. Шауб, Д. И. Кизилов, С. В. Московкина. Комплексная оценка живучести корабля // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 106

Показана возможность построения комплексного критерия для оценки выбора альтернативы при многовариантности создания сложной системы по основным

ее параметрам на примере оценки живучести корабля (судна). Определены основные допущения, пределы изменения нормированных оптимальных значений исследуемых параметров. В целом изложенный прием может быть использован для любых сложных систем при выборе наилучшего варианта из предложенных альтернатив при их экспертизе и удовлетворении существующих норм и требований заказчика. Библиогр. 5 назв.

УДК 658.531: 629.5.074 **Ключевые слова:** трудоемкость, конкурентоспособность, показатели качества, строительство судов, судостроительное предприятие

Г. В. Герман, В. А. Рогозин, Г. А. Емельченков. Обеспечение конкурентоспособности строительства судовых заказов в условиях конкретного судостроительного производства // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 107

Показана необходимость учета конкретных условий на конкретном предприятии для эффективной оценки конкурентоспособности строительства судов. Предложен алгоритм обеспечения конкурентоспособности судовых заказов. Приведены формулы для расчета трудоемкости работ на этапе предпродажного проекта и определения необходимости повышения технического уровня производства. Также приведена целевая функция планирования оптимальной загрузки. Ил. 1. Библиогр. 6 назв.

УДК 338.5: 629.5.0 **Ключевые слова:** ценообразование, оценка затрат, определение цен, корабли, продукция

А. Б. Грицан. Создание противозатратной системы ценообразования на продукцию оборонного назначения с длительным циклом изготовления. Часть. 1. // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 111

Современный зарубежный опыт и практика ценообразования в военно-промышленном комплексе СССР подтверждает необходимость и возможность создания для российской оборонной промышленности эффективной системы ценообразования на продукцию военного назначения, базирующуюся на современных информационных технологиях и противозатратных принципах. Обоснована необходимость создания в военно-промышленном комплексе России противозатратной системы ценообразования. Рассмотрены ее основные элементы, прослежен отечественный опыт построения такой системы, зарубежный опыт. Т. 1. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** «Северное ПКБ», эскинец, проектирование, технический проект, характеристики

В. Е. Юхин. Первые годы «Северного ПКБ» // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 115

Знакомит с временем образования «Северного ПКБ», началом его работы в 50-е гг. XX в. Особое внимание уделено проектированию эсминцев пр. 30бис и вкладу конструкторов «Северного ПКБ» в их создание и развитие. Т. 1. Ил. 7. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** «Северная верфь», корвет, серия проектирования, постройка, технология

Освоение технологий серийного строительства корветов типа «Стерегущий» на «Северной верфи» // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 119

Подробно знакомит с историей проектирования и строительства корветов типа «Стерегущий» на «Северной верфи» для ВМФ страны. Особое внимание уделено технологии постройки кораблей на верфи и проблемам, существовавшим ранее и существующим на сегодняшний день. Ил. 5

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Ассоциация судостроителей, собрание, деятельность, итоги

Итоги общего собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 124

Приведены отчет об общем собрании Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции судостроения при Правительстве Санкт-Петербурга и его решение. Ил. 1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Н. В. Орлов, биография К 60-летию Н. В. Орлова // *Морской вестник*. 2014. №3. С. 127

Знакомит с деятельностью Председателя Санкт-Петербургского Морского Собрания и Председателя Совета Ассоциации Морских Собраний, Почетного Генерального Консула Княжества Монако в Санкт-Петербурге Н. В. Орлова, которому 25 июля 2014 г. исполнилось 60 лет. Ил. 1.

June – hot time for Almaz NF

Report on the results of Almaz NF work in the first half of 2014: commissioning of three self-propelled floating cranes; keel laying of two border patrol ships pr. 22460 with light helicopter landing area. These ships are commissioned early.

I.L. Weissman. «Pella»: Discovering New Horizons

The article introduces the work of «LSZ Pella» OJSC, which holds a strong position in its segment, construction of modern tugs, technical fleet vessels, pilot and special boats. It is planned to build special arctic class ships. It gives technical characteristics of patrol (search and patrol) Arc 5 class vessels, icebreaker class supply icebreaker vessel and others.

Particular attention is paid to the prospects of the firm: the emergence of a new site in Otradnoe and acquisition of German shipyard «Sietas Werfts».

G.V. Egorov, A.G. Egorov. Risk analysis of dry cargo vessels operating projects 21–88 and 21–89

Results of the analysis of accidents that took place from 1991 to the present time with dry cargo vessels pr.21–88, 21–89 (so-called «Cheshkia»). A total of 124 emergency cases have been processed. The basic dangers that led to accidents and disasters have been identified. There is a steady growth of scrapped ships older than 37 years with a peak of accidents at the ships 40–45 years old. It was established that the main danger is watertightness of tight body.

V.V. Shatalov, V.V. Volkov, L.V. Mikhailov. Multipurpose timber-bundle carrier with a deadweight of approx. 12,000 tons with improved performance and advanced technology of security and safety of timber cargo

The work introduces pr. 00105 Timber-bundle carrier with improved performance intended for the carriage of not only timber cargo, but also other types of cargo: containers, vehicles, metal, large diameter pipes, oversized and heavy cargo, general cargo. This reduces the ballast transitions and improves the efficiency of transport. The work provides characteristics and advantages of the vessel.

D.Y. Litinsky. Littoral Combat Ship: the end of transformers game?

The work discusses the situation that occurred in the United States Navy during the development of the concept, design and construction of LCS, as well as the evolution of technical shape of the projected ship and the peculiarities of concept implementation by different executors. It also compares two versions of the «platform», presents estimates of vehicle faults detected during operation.

Y.A. Gubanov, R.S. Shemyakin. Development of means for the organization of guaranteed power supply and ship consumers

The work analyzes construction of next-generation automatic ship network switching devices. It also provides characteristics of designs of APP and APS offered for delivery.

A.I. Mironov, O.A. Belskiy. Diagnosis of cable products in order to extend their service life on ships and vessels of the Navy

Based on the results of the survey of cable types KRNEG, KMPEVE, PGRSHM and others it was concluded that there was a slight aging or no aging on long distances.

In order to control the estimated residual life of cables the polymer indenter EPRI/OGDEN was used. Its use allows non-destructive testing of the cable and assessment of residual life of the cable sheathed with rubber and PVC in the compression modules. The work gives a formula for calculating average value of compression module.

Examination of cables with PVC and plastic insulation was carried out using differential scanning micro-calorimetry and infrared spectroscopy. The report on this work will be given in the following article.

L.G. Kuznetsov, Y.L. Kuznetsov, I.K. Prilutskiy, P.O. Galyaev. Assessment of the effectiveness of high pressure compressor on the V-shaped bases with different numbers of rows

The work shows the calculation of reciprocating compressors that compress air. In carrying out this work the task was to design a standard series of high-pressure compressors for the minimum gas consumption corresponding to reciprocating compressor «EK3–1» from OJSC «Compressor» plant but with increased efficiency, ease of assembly and disassembly.

A.V. Shvareva. Study of thermal performance of flat profiled pipes.

The work discusses preconditions for creating a new flat-shaped pipe, which is a plate with complex shape cross-section.

The work describes prototype oil refrigerator MHD-4 made in order to verify thermal parameters when using profiled pipes in heat exchangers. It gives basic principles for the calculation of heat exchangers with flat pipes and a brief program and methods of thermal-hydraulic tests of refrigerator. The work analyzes comprehensive approach and rationale of design of heat exchangers with flat pipes.

V.V. Kobzev, Y.N. Sizov, I.V. Teluk. Automatic control of operator's actions in training on the simulator

The work provides an approach to solving acute problem of automation of the control of operator's training level in the course of training on the simulator based on the creation of the reference scenario module within the software. The work discusses control scheme of operator's actions and the scheme of formation of the error message. It also describes reference scenario module composition and how it works.

Y.F. Podoplyokin, V.A. Smirnov. Predictive control technology of onboard control systems

The work gives the research results of the acceptance processes for complex technical objects on the example of the aircraft onboard automated control systems. The work discusses basic

operation of the predictive control of critical parameters using the intelligence system.

L.M. Klyachko, N.N. Tarasov, G.E. Ostretsov. Motion control of ships with disturbance compensation

The work discusses the law of ship motion control in the presence of significant disturbance using reconditioned external disturbances produced by a filter with integral residuals. The work suggests method for adjusting controller gains to improve the quality of vessel control in the presence of external disturbances. The work gives analysis and simulation of adjusted laws of ship motion control.

B.Y. Semenov. Degaussing systems for «dummies». Prospects for the development of magnetic field compensation systems for ultra-low displacement ships, hovercrafts, air cavern crafts and WIG crafts

The work analyzes current state of magnetic field compensation systems on ultra-low-displacement ships, hovercrafts, air cavern crafts and WIG crafts. It provides information about promising developments of «NPF «Meridian» OJSC aimed at providing specified types of ships with modern magnetic field compensation systems.

E.V. Pimenov. Experience in creating tachometer systems for sea and river vessels. Description of three generations of the «Manager» shaft line RPM indication systems

The work provides a brief review of creation history of tachometer systems for sea and river vessels. It describes three generations of the shaft line RPM indication systems «Manager-300T», «Manager-301T», «Manager-302T». The main attention is given to «MNS» CISC tachometer kits, their characteristics and functions.

D.A. Bogdanov, V.V. Gapanyuk, S.N. Soloviev, S.V. Stupnenkov, R.A. Myskin. Foreign experience in applying information support systems of struggle for survival

Timely detection of an accident or damage and a set of recommendations to address them can not only save the combat capability of the ship, but, which is equally important, to minimize crew casualties. To address these challenges there are information support systems of struggle for survival. This article focuses on foreign experience in this field, the development of information technologies intended for these purposes.

V.G. Lapo, J.O. Neilko, A.N. Pogorelov, I.A. Krylov, A.P. Orlov. Video processing subsystem for warships and Border Protection Service

The work introduces the tasks that are solved by the video processing subsystem (POVI) of the ship. Particular attention is paid to the means of «augmented reality» that «Transas» CISC introduces into their systems, characteristics, and effect of use.

The work provides the list of mating systems. It discusses the unified POVI developed by «Transas» CISC and meeting a wide range of tasks undertaken by ships of the Navy and Border Service.

M.V. Markovskiy, A.V. Markovskiy, M.V. Mihnenok, V.N. Kruglievskiy, V.A. Kolesnik. Principles of modeling of fire situations on the basis of mathematical formalism of cellular automata.

The work points out the advantages of the use of discrete systems for modeling of physical processes accompanying the change in a fire situation and the development of fire situations in ship rooms. The work suggests an approach to solving the problems of modeling of thermal fields and distribution of combustible materials and substances in the compartment of the ship. Its essence lies in the fact that instead of the traditional formulation and numerical solution of differential equations, a direct simulation modeling of processes based on cellular automata is used.

P.I. Maleev, S.M. Slobodyan, A.A. Tsupin, V.I. Tsupin. On the problem of the use of laser navigation equipment during ship movement along curvilinear trajectories

The work gives a solution to the problem of placing the laser navigation equipment (LSNO) that provides ships' movement along curvilinear trajectories. The numerical calculation of laser scanning beacons (LSM) location is made in the specific area of waterways. The work identifies the frequencies of LSNO scanning beams that ensure the uniformity of light exposure in the cross section of the working area. It is shown that in order to compensate for uneven light the emission power of LSNO must be increased by 50% compared with the estimate.

V. Yu. Bakhtmutov. For the 85th Anniversary of P.I. Maleev

The article describes the work of technical sciences PhD, senior researcher of the International Academy of Navigation and Motion Control, a veteran of special risk subdivisions, retired 1st rank Captain, and now the head of a GNINGI department. Particular attention is paid to his contribution to the development of gyroscopic instruments, speed and depth gauges, etc.

S.F. Legusha. IMO-2014 – a turning point in the work of organization

The work gives a detailed description of the changes in the structure and operation of IMO. Particular attention is paid to the range of issues dealt with by the new structure Subcommittees.

Contest of scientific works dedicated to the centennial of Scientific and Technical Council of Register

V.N. Iuhin. On the system of Search and rescue support for navigation along the Northern Sea Route

The work substantiates the necessity of the search and rescue system of the Northern Sea Route development, which is to ensure the safety of maritime activities of the Russian Federation in the Arctic regional direction on the basis of a comprehensive solution of problems of search and rescue support for maritime activities of the Russian Federation.

For the 70th Anniversary of Professor V.L. Alexandrov.

In October 2014 Professor V.L. Aleksandrov, the President of RosNTO of Shipbuilders n.a. Acad. Krylov, Hero of Russia, is turning 70. The work introduces his contribution to the development of the shipbuilding industry in the country, and in particular «Admiralty Shipyards» OJSC where V.L. Aleksandrov had spent 44 years.

A.V. Kanaev, M.A. Aleksandrov. Analysis of the structural layout of aircraft arresting gear flooring and selection of optimization parameters

The work proposes a structural layout of aircraft arresting gear flooring and analyzes it. According to the results of analytical calculations taking into account all existing loads and requirements for structural strength, the basic parameters of the flooring have been adopted. The work gives an estimation of the chosen design of flooring under finite element model method and the relevance of its development is confirmed.

I.O. Maslov. Evaluation of current using the sigmapoint Kalman filter

The work analyzes the use of sigmapoint Kalman filter (STKF) for estimating the surface current. The article lists advantages of this approach. It also discusses application of the extended STKF with restrictions on the required parameters for estimating currents at the speeds of more than 3 knots. The filter includes a non-linear model of the vessel, in which linear, angular velocity and drift angle are parametrically related.

V.K. Hanuhov, B.A. Tsarev. Application of cubic unit in the design analysis of load and capacity

It is shown that one of the useful methodological techniques is the use of cubic unit for database analysis and design studies. The application of cubic unit is particularly important in the analysis of load issues and constructive rationality, capacity and architectural layout, seaworthiness and unsinkability. Examples of use have demonstrated that the methods based on the use of cubic unit are functional and reliable.

M.Y. Sandakov, B.P. Ionov. Determination of broken ice resistance to the movement of the ship

The work discusses issues of movement of the cargo vessel having a high hull block coefficient, through broken ice. A new hypothesis of interaction between the hull and ice debris is proposed. When moving through dense broken ice full lines of the bow of the hull push a mass of ice forward, thereby «adding up» to a more streamlined body shape. The work studies the shape of the added «ice cap» and its parameters. The work proposes a method for calculating the forces of ice resistance to the movement of ships with a high hull block coefficient, through dense broken ice.

P.A. Schaub, D.I. Kizilov, S.V. Moskovkina. Comprehensive assessment of ship survivability

The work demonstrates the possibility of constructing a complex criterion for assessing the selection of an alternative in case of multi-variant development of complex system under its basic parameters on the example of the survivability of the ship (vessel). The basic assumptions, the range of variation of the normalized optimal values of the studied parameters have been determined. In general, the method can be used for any complex systems when choosing the best variant of the proposed alternatives in their expertise and meeting the existing standards and customer requirements.

G.V. German, V.A. Rogozin, G.A. Emelchenkov. Maintenance of competitiveness in construction of ship orders in a particular shipbuilding production

The work shows the need for taking into account of specific conditions of specific enterprise to effectively evaluate the competitiveness of the ship construction. The work proposes an algorithm to ensure the competitiveness of ship orders. It also provides formulas for calculating the volume of work involved in the pre-sales phase of the project and determining the need to improve the technical level of production. Also it shows the target function of optimal load planning.

A.B. Gritsan. Creation of cost-conscious pricing system for defense products with a long production cycle. Part. 1

Modern foreign experience and pricing practices in the military-industrial complex of the USSR confirms the necessity and feasibility of establishing an efficient pricing system for military products in the Russian defense industry, based on modern information technologies and cost-effective principles. The work substantiates the necessity of creating a cost-conscious pricing system in the military-industrial complex of Russia. It also discusses its basic elements, traces domestic experience in development of such systems, and foreign experience.

V.E. Yuhnin. The first years of the «Northern Design Bureau»

The work introduces the time of establishment of the «Northern Design Bureau», the beginning of its work in the 50s of the XX century. Particular attention is paid to the design of destroyers pr. 30bis and contribution of «Northern Design Bureau» designers in its creation and development.

Mastering the technology of serial construction of corvettes class «Steregushchy» at the «Northern shipyard»

The work provides details on the history of design and construction of corvettes class «Steregushchy» at the «Northern shipyard» for the Navy of the country. Particular attention is given to the technology of building ships at the shipyard, and the problems that had existed previously and currently exist.

Results of the general meeting of the Association of Shipbuilders of St. Petersburg and the Leningrad Region and the Section of the Shipbuilding of the Maritime Council of the Government of St. Petersburg

The work contains the report on the general meeting of the Association of Shipbuilders of St. Petersburg and the Leningrad Region and the Section of the Shipbuilding of the Maritime Council of the Government of St. Petersburg and its decision.

For the 60th Anniversary of N.V. Orlov

The work introduces the activities of the Chairman of St. Petersburg Maritime Board and the Chairman of the Association of Maritime Boards, Honorary Consul General of the Principality of Monaco in St. Petersburg, N.V. Orlov, who turned 60 on July 25, 2014.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-
МОРСКОЙ
САЛОН



INTERNATIONAL
MARITIME
DEFENCE
SHOW

IMDS
2015

1-5 июля

РОССИЯ

Санкт-Петербург

- ЭКСПОЗИЦИОННО-ВЫСТАВОЧНЫЙ РАЗДЕЛ
- ДЕМОНСТРАЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ
- КОНГРЕССНО-ДЕЛОВОЙ РАЗДЕЛ
- VIP-ПЕРЕГОВОРЫ
- ПОСЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

ОРГАНИЗАТОР



Министерство промышленности
и торговли
Российской Федерации

УСТРОИТЕЛЬ

ПРИ УЧАСТИИ:



ЗАО «Морской Салон»



Министерство
обороны РФ



Федеральная служба по
военно-техническому
сотрудничеству



Министерство
иностраннх дел РФ



Правительство
Санкт-Петербурга



ОАО
«Рособоронэкспорт»

www.navalshow.ru

“Через сотрудничество – к миру и прогрессу!”



ПРОВОДИТСЯ ПО РАСПОРЯЖЕНИЮ
ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
№ 1910-Р ОТ 21 ОКТЯБРЯ 2013 ГОДА

НЕВА 2015

РОССИЯ ■ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ■ 22-25 СЕНТЯБРЯ 2015



ДВАДЦАТЬ ЧЕТЫРЕ ГОДА
НА СЛУЖБЕ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОГО ФЛОТА И СУДОСТРОЕНИЯ

13-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ И ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА



ЗАО «Транстех Нева Экспозишнс» • 199106 Санкт-Петербург, Большой пр. В. О., 103
+7 812 321 2676, 321 2677 • ttn@peterlink.ru

www.transtec-neva.ru

**Судовая
и общепромышленная
трубопроводная
арматура**

**РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
АМОРТИЗАТОРЫ
АКСС**



Армалит-1

**МЕХАНИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА**

**ЛИТЕЙНО-
ШТАМПОВЧАЯ
ПРОДУКЦИЯ**

www.armalit1.ru



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Канонерский судоремонтный завод



ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКС СУДОРЕМОНТНЫХ УСЛУГ

Канонерский судоремонтный завод, основанный в 1883 г., в настоящее время является высокотехнологичным предприятием, способным решать любые технические задачи судоремонта и модернизации судов:

- докование судов;
- ремонт дейдвудного и рулевого устройств;
- очистка и окраска корпусов судов;
- корпусные работы;
- ремонт главных и вспомогательных двигателей;
- ремонт котлов;
- ремонт вспомогательных механизмов и судовых устройств;
- ремонт и замена трубопроводов;
- ремонт электродвигателей, генераторов, электрооборудования и средств навигации;
- модернизация судов.

Для ремонта подводной части судов завод оснащен тремя плавучими доками грузоподъемностью от 4000 до 36 000 т.



Достроечные набережные протяженностью 1350 м способны принимать суда с осадкой до 10 м.

ЗАО «КСЗ», располагая квалифицированным персоналом, уникальным оборудованием, современными технологиями проведения ремонтных работ, предлагает:

- высокое качество;
- оптимальные сроки;
- умеренные цены.

Успешная деятельность предприятия подтверждает его репутацию надежного и профессионального партнера.

Ремонтные мощности	Док №3	Док №4	Док №5
Грузоподъемность, т	4000	8500	35 600
Полезные: – длина, м – ширина, м	90 21	139 23,4	246,4 35,4
Краны, т	1 – 4,5	2 – 5/3,2	2 – 20/5 1 – 10/3
Наибольшая глубина над кильблоками, м	5,0	6,8	10,5
Глубина подходного фарватера, м	7,4	7,4	8,8

На Канонерском судоремонтном заводе проведена большая работа по созданию системы управления качеством судоремонтных работ.

В настоящее время завод имеет сертификат соответствия системы менеджмента качества стандарту ISO 9001:2008 №10.1095.026 от 16.07.2010 г. А также завод имеет следующие свидетельства и лицензии: Свидетельство РМРС о признании № 07.00226.120 от 22.10.2007 г.; Свидетельство РМРС о соответствии предприятия № 07.00203.120 от 22.10.2007 г.; Свидетельство РРРС о признании № СЗФ487 от 17.11.2011 г.; Лицензия на ремонт вооружения и военной техники № 001527 ВВТ-Р от 02.02.2012 г.

130 лет на рынке судоремонта