

Морской



№3(15)
2005

Вестник

Morskoy Vestnik



Ролкер «Сочи»
Главный конструктор
В. А. Мацкевич

Центральное конструкторское бюро
«Балтсудопроект» -
филиал ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова»
80 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

44, Moskovskoye shosse,
St. Petersburg, 196158, Russia
tel.: +7 (812) 727-96-37
fax: +7 (812) 727-93-34
e-mail: shelf@krylov.sp.ru
www.krylov.com.ru



Россия, 196158, С.-Петербург,
Московское шоссе, 44,
тел.: +7 (812) 727-96-37
факс: +7 (812) 727-93-34
e-mail: shelf@krylov.sp.ru
www.krylov.com.ru



Проект главного здания ЛКИ, 1930 г.



И.И. Яковлев,
ректор ЛКИ, 1933-1944



Е.В. Товстых,
директор, ректор ЛКИ, 1945-1976



Д.М. Ростовцев,
ректор ЛКИ, СПбГМТУ 1976-1999

ЛЕНИНГРАДСКИЙ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

75
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



К.П. Борисенко,
ректор СПбГМТУ с 1999 г.



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Сопредседатели:

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

К.П. Борисенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

С.П. Алексеев, начальник ГНИНГИ МО РФ

А.С. Бузаков, генеральный директор

ОАО СЗ «Северная верфь»

Л.Г. Грабовец, генеральный директор

ОАО СФ «Алмаз»

В.Н. Киреев, начальник-главный

конструктор ЦКБ «Балтсудопроект»

Э.А. Конов, директор

ООО Издательство «Мор Вест»

Л.Г. Кузнецов, генеральный директор

ОАО «Компрессор»

А.П. Матлах, генеральный директор

ООО НПО «Полярная звезда»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.М. Соловейчик, генеральный директор

ОАО «Ленполиграфмаш»

В.Ф. Суслов, генеральный директор

ОАО «Пролетарский завод»

В.С. Татарский, генеральный директор

ОАО «ЭРА»

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксцибишнс»

А.Б. Федотов, генеральный директор

ОАО «Новая Эра»

Г.Д. Филимонов, генеральный директор

ЗАО Концерн «Мор Флот»

В.П. Худин, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

А.В. Шляхтенко, начальник-генеральный

конструктор ФГУП ЦМКБ «Алмаз»

В.Е. Юхнин, генеральный конструктор

ФГУП «Северное ПКБ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

К.Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Варганов, канд. истор. наук, доцент

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук

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

С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.С. Никитин, д-р техн. наук, доцент

Э.А. Паравян, д-р техн. наук

В.И. Поляков, д-р техн. наук, проф.

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Тел.: (812) 234-8570

Факс: (812) 320-6674

E-mail: morvest@peterlink.ru

Http://www.morvest.korabel.ru

Зам. главного редактора

А.Н. Ивакин

Тел.: (812) 251-1052

E-mail: ivakin@korabel.ru

Редактор

Т.И. Ильичева

Отдел рекламы

В.И. Грошина

Тел.: (812) 259-8144

E-mail: vika@korabel.ru

Дизайн, верстка:

В.Л. Колпакова, Л.А. Мельникова,

А.А. Иванова, Г.В. Григорьева

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 реги-

страции ПИ № 77-12047 от 11 марта 2002 г.

Учредитель-издатель

ООО Издательство «Мор Вест»,

190000, С.-Петербург, наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н.

Отпечатано: ОАО «Ленполиграфмаш»,

типография ООО «ЛПМ-КОНТАКТ»,

197376, С.-Петербург, наб. реки Карповки, 5

Тираж 1000 экз. Цена свободная

Ответственность за содержание информационных

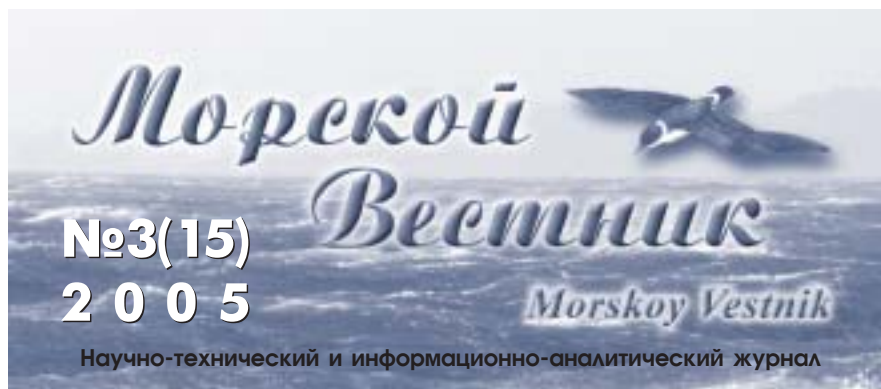
и рекламных материалов, а также за использо-

вание сведений, не подлежащих публикации в откры-

той печати, несут авторы и рекламодатели. Пере-

печатка допускается только с разрешения

редакции.



СОДЕРЖАНИЕ

«Нева 2005» . Восьмая Международная выставка и конференция по судостроению, судоходству, деятельности портов, освоению океана и шельфа. Санкт-Петербург, 26–29 сентября 2005 г.	7
Закладка серийной подводной лодки нового поколения для ВМФ России	9
Закладка третьего корвета для ВМФ России	11
К.П. Борисенко . Санкт-Петербургскому государственному морскому техническому университету 75 лет	12
В.Н. Киреев, Н.Н. Родионов . ЦКБ «Балтсудопроект» – ровесник отечественного транспортного флота	16
В.Н. Киреев, В.А. Мацкевич, А.Ф. Судеревский, С.В. Маревцев . Линейный дизель-электрический ледокол с полноповоротными винто-рулевыми колонками	21
Е.С. Былинович, В.А. Беляшов . Отечественный буксир-кантовщик нового поколения мощностью 4000 кВт	26
С.Н. Климашевский, В.А. Старшинов . Атомные ледоколы четвертого поколения	28
С.И. Лозачев . Анализ основных элементов и характеристик современных судов для перевозки сжиженного природного газа (газовозов LNG)	33
А.А. Горобячко . Переводческая гавань	40
А.В. Абрамовский . Обобщение и анализ технико-эксплуатационных характеристик высокоскоростных судов различных типов	42
В.Ф. Суслов, М.С. Катков, О.В. Надеждин . Синтез астатических регуляторов многосвязных нелинейных объектов, линеаризуемых обратной связью	53
К. Грудзинский, В. Ярошевич, Т. Липкан . Современная технология монтажа судовых машин и устройств с применением специальных полимерных материалов	56
Г.К. Селиваненко, М.А. Калашиников, В.Г. Балабин, С.Г. Шамарин . Первое в России средневольтное оборудование в морском исполнении для буровой платформы «Приразломная»	62
Ю.А. Кулагин, А.В. Белозеров . Проверка на надежность	63
Катер как результат делового сотрудничества	64
Подшипники для винто-рулевого комплекса морских и речных судов	65
В.К. Румб . Так начиналось отечественное судовое дизелестроение	66
Г.М. Басальгин . Уравнение энергии рабочих каналов радиальных турбомашин в динамических режимах работы	69
В. Павлов, Д. Смагин, И. Комарова, К. Парфенов . Машина термической резки «Стрела» - новейшая разработка в области раскроя металла	75
Д. Новиков . Речная видеомания и телефонизация всех морей и рек	76
Корабел.ру – информационно-поисковая система (участники раздела)	79
А.И. Черевко . Особенности коммутации силовых ключей транзисторных коммутаторов, переключающих отводы круговых обмоток трансформаторов с вращающимся магнитным полем	80
Ю.Н. Пушин, А.П. Силинг, Ю.П. Московцев . Высокоэффективная система автоматизированного управления высокооборотными и среднеоборотными судовыми двигателями	84
L.I. Vishnevsky, V.E. Krasovtsev, A.-Br.R. Togunjac . Efficiency estimation of variable pitch propeller on steering thruster	89
Г.Ф. Демешко, В.И. Могилевский . Метод оптимизации состава фидерного флота снабжения арктических пунктов с необорудованным берегом	93
Б.А. Царев . Формирование гибких алгоритмических моделей оптимизации проектных характеристик судов	96
А.П. Матлах . Некоторые особенности вибрации транспортных судов активного ледового плавания	100
И.Г. Корж, Ю.Ф. Тарасюк . История создания и развития отечественных средств гидроакустического противодействия и подавления	107
С.П. Алексеев, С.М. Анцыферов, И.Н. Давидан, А.Н. Добротворский, В.В. Дробкин, С.А. Дружевский, И.Г. Кантаржи, И.В. Лавренов, И.О. Леонтьев, И.А. Неелов, А.М. Серебряков . Исследование закономерностей переформирования рельефа дна под воздействием волнения, течений и ледяного покрова в некоторых прибрежных районах Балтийского моря ..	110
К 55-летию контр-адмирала профессора С.П. Алексеева	117
Т.С. Титова . Комплексная оценка влияния новых технологий построения судов на окружающую среду	118
И.М. Кузнец . Главное дело жизни	122
К.П. Борисенко, В.Б. Образцов . К 100-летию со дня рождения Е.В. Товстых ..	124
С.П. Сирый . Последний морской министр императорской России	127
К 70-летию адмирала В.П. Иванова	132
Л.А. Промыслов . Плениум Центрального правления Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова	133

Бюллетень ВАК № 3, май 2004 г.: «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 наук.

EDITORIAL COUNCIL

Co-chairmen:

V.L. Alexandrov, General Director,
FSUE Admiralty Shipyards,
President of the Central Board of Scientific
and Technical Association of Shipbuilders
named after Acad. A.N. Krylov

K.P. Borisenko, Rector, SPb SMTU

Council Members:

S.P. Alekseev, Chief, SRNHI Ministry of Defence

A.S. Buzakov, General Director,
JSC SP Severnaya Verf

L.G. Grabovetz, General Director,
JSC SF Almaz

V.P. Hudin, General Director,
JSC Control System and Instrument

A.B. Fedotov, General Director,
JSC New Era

G.D. Filimonov, General Director,
JSC Concern Mor Flot

V.N. Kireev, Director-Chief Designer,
ZKB "Baltsudoproekt"

E.A. Konov, Director,
JSC Publishing House Mor Vest

L.G. Kuznetsov, General Director,
JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director,
JSC SPA Poliarnaya Zvezda

N.V. Orlov, Chairman,
St.Petersburg Marine Assembly

A.V. Shliakhtenko, Director-General Designer,
FSUE ZMKB Almaz

A.M. Soloveychik, General Director,
JSC Lenpolygraphmash

V.F. Souslov, General Director,
JSC Proletarsky Zavod

V.S. Tatarsky, General Director,
JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director,
JSC Transtech Neva Exhibitions

V.E. Yukhnin, General Designer,
FSUE Severnoye Design Bureau

EDITORIAL COLLEGIUM

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.

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

E.A. Gorin, D. Sc.

E.V. Igoshin, Ph. D.

B.P. Ionov, D. Sc.

Y.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.

S.I. Logachev, D. Sc., Prof.

Y.I. Nechayev, D. Sc., Prof.

V.S. Nikitin, D. Sc.

E.A. Paravyan, D. Sc., Prof.

V.I. Polyakov, D. Sc., Prof.

L.A. Promyslov, Ph. D.

Y.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.

K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.

A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.

Y.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.

B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.

Y.V. Varganov, Ph. D.

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

Phone: +7 (812) 234-8570

Fax: +7 (812) 320-6674

E-mail: morvest@peterlink.ru

Http://www.morvest.korabel.ru

Deputy Editor-in-Chief

A.N. Ivakin,

Phone: +7 (812) 251-1052

E-mail: ivakin@korabel.ru

Editor

T.I. Ilyichiova

Advertisement Manager

V.I. Groshina,

Phone: +7 (812) 259-8144

E-mail: vika@korabel.ru

Design, imposition:

V.L. Kolpakova, **L.A. Melnikova**,

A.A. Ivanova, **G.V. Grigorieva**

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"

Printed: JSC Lenpolygraphmash,

Printing House of JSC LPM-Contact

5, Nab. r. Karpovki, 197376, St. Petersburg

Circulation 1000. Price: free

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.



CONTENTS

“Neva 2005”. The 8th International shipping, shipbuilding, offshore energy
and ports exhibition and conference, St. Petersburg, 26–29 September 2005. 7

Laying down of a new generation submarine for the Russian Navy..... 9

Laying down of the third corvette for the Russian Navy..... 11

K.P. Borisenko. The St. Petersburg State Marine Technical University
is 75 years old 12

The History of origination and development of the unique Russian ship-
building higher school – the St. Petersburg State Marine Technical Univer-
sity known recently as the Leningrad shipbuilding institute that has cele-
brated its 75th anniversary.

V.N. Kireev, N.N. Rodionov. The “Baltsudoproekt” Central Design
Bureau is an age mate of the Russian transport fleet 16

The article is devoted to the history of the “Baltsudoproekt” Central
Design Bureau foundation, the main stages of its development. The results
of its activity are summarized, the projects of the ships developed by the
“Baltsudoproekt” Central Design Bureau and their authors are enlisted.

V.N. Kireev, V.A. Matskevitch, A.F. Suderevsky, S.V. Marevtsev.
The linear diesel-electrical icebreaker with azimuth-type steering thrusters 21

The principal characteristics of a new icebreaker designed for pilotage
operations in the Baltic Sea are given. It has been laid down at the Baltijsky
Zavod shipbuilding yard by the order placed by the “Rosmorport” company.
The article contains information of its main systems and equipment.

In 2005 two ships were built according to this project at the “Vyborgsky
Sudostroitelny Zavod Ltd” shipyard.

E.S. Bylinovitch, V.A. Belyashov. 4000 kW Russian-built dock
tug of new generation 26

Principal technical characteristics of the dock tug designed by the “Balt-
sudoproekt” Central Design Bureau and the Krylov Central Scientific and
Research Institute for the Primorsk oil port. The ship’s systems and equip-
ment are described.

In 2005 the Vyborgsky shipbuilding yard built two ships according to
this project.

S.N. Klimashevsky, V.A. Starshinov. Nuclear ice-breakers
of the forth generation 28

The article contains proposals on the nomenclature of the forth genera-
tion icebreakers, their lines and basic components that will provide reliable
operation of transport fleet during round-the-year navigation through the
Northern Route.

S.I. Logatchev. The analysis of the basic components and
characteristics of modern ships used to transport liquefied natural gas
(liquefied natural gas carriers LNG) 33

The state of the world liquefied gas carrier’s fleet (dated May 2005) as
well as the propulsion characteristics of modern gas carriers, their specific
constructive features, power plants and equipment have been analyzed.

The main attention has been paid to the perspective types of gas carriers
and their construction costs.

A.A. Gordyanko. Translator’s Harbour 40

CONTENTS

A.V. Abramovsky. <i>Summarization and analysis of technical-and-operational characteristics of high-speed vessels of different types</i>	42
<p>Comparative analysis of such important design and operational characteristics of high-speed vessels (both built and designed), as displacement, deadweight, cargo-lifting capacity, speed, power availability etc, including the best samples used to calculate operational indices.</p>	
V.F. Souslov, M.S. Katkov, O.V. Nadezhdin. <i>Synthesis of astatic controllers of multiply connected nonlinear controlled plants subjected to feedback linearization</i>	53
<p>The paper studies problems of control (stabilization, servo control) over nonlinear stationary controlled plants the processes of which describe nonlinear phenomena in comprehensive onboard, physicochemical, medico-technical and ecological systems. The Ressler type, Koukushkin-Osipov type and Turing type chaotic models [1-4] have been chosen as controlled plants. It was shown that minor control of such systems might result in the output coordinate stabilization at a required level. All the models considered are referred to Gammmerstein-Viner structure nonlinear controlled plants that is why an appropriate structure of controller – the modal PID-control and feedback linearization have been chosen.</p>	
K. Grudzinsky, B. Yaroshevitch. T. Lipkan. <i>Modern technology of onboard machines and devices assembly with the use of polymer materials</i>	56
<p>Modern, highly efficient technology of onboard machines and devices assembly with the use of specially designed for this purpose polymer material is described in the article. Comparative estimation and analysis of traditional and modern assembly methods have been performed basing upon technical, economical and operational criteria. The problems connected with the use of polymer materials as well as their main properties and advantages (technical, economical, operational) have been considered. Examples describing extensive possibilities of the polymer material practical use while assembling onboard machines and devices are given as well.</p>	
G.K. Selivanyonok, M.A. Kalashnikov, V.G. Balabin, S.G. Shamarin. <i>The first in Russia marinized average voltage equipment for “Prirazlomnaya” rig platform</i>	62
<p>The article tells about the manufacturing of average voltage equipment for rig platforms at the “Novaya Era” Ltd including switchboards with the use of imported assembly components. The equipment is certified.</p>	
Y.A. Kulagin, A.V. Belozeroov. <i>Test for reliability</i>	63
<p>The “Novaya Era” Ltd by the order of “Morskoj Zavod ALMAZ” Ltd delivered a controlled direct-drive engine (DBU-100) to be installed on a special purpose motorboat A-125. The yard is planning to deliver the motorboat to its customer for operation in 2006.</p>	
<i>Motorboat as a result of business co-operation</i>	64
<p>The “Novaya Era” Ltd manufactured and delivered controlled direct-drive engines (DBU-100) for the Zelenodolsky shipbuilding yard.</p>	
<i>Bearings for propulsion unit of sea and river ships</i>	65
V.K. Roub. <i>Origination of Russian marine diesel manufacturing</i>	66
<p>The article sums up the results of Russian diesel manufacturing development. It is arranged to 150th anniversary of the first Russian-made diesel trials that took place in December 1899 at the Nobel Works in St. Petersburg.</p>	
G.M. Basalygin. <i>Equalization of radial-flow turbo-machines working channels at dynamic modes of operation</i>	69
<p>The author has proposed a mathematical model of radial-flow turbo-machines dynamics in case of relative flow motion when taking Coriolis inertial force into consideration is not necessary.</p> <p>The task can be realized within the theory of gas one-dimensional flow through the turbo-machine channels.</p>	
V.Pavlov, D.Smagin, I. Komarova, K.Parfyonov. <i>The “Strels” thermal cutting machine is the latest development in metal cutting methods</i>	75
D.Novikov. <i>River video mania and telephonization of all the seas and rivers</i>	76
Korabel.ru – <i>informational and search system (participants of the section)</i>	79
A.I. Cherevko. <i>Features of commutation of power-keys of the transistor switchboards switching taps of circular windings of transformers with the rotating magnetic field</i>	80
<p>The theory of commutation of power-keys of transistor switchboards switching taps of circular windings of transformers with a rotation magnetic field is offered. Equations describing commutation processes in the switchboard, which can used be at a choice of parameters of power-keys, have been got.</p>	
Y.N. Pushin, A.P. Seeling, Y.P. Moskovtsov. <i>Highly efficient system for the automated control of high-speed and medium-speed “Liven” main diesel engines</i>	84
<p>The structure of highly efficient system for the automated control of “Liven” main diesel engines is considered. The said system may be widely used as a local control system for 18/20 size diesel engines.</p>	
L.I. Vishnevsky, V.E. Krasavtsev, A.-Br.R. Togunjac. <i>Efficiency estimation of variable pitch propeller on steering thruster</i>	89
<p>The paper contains a comparative analysis of the efficiency of steering thruster with variable pitch propeller (propeller with shifted blade connection). It is shown that this type of thruster will result in essential reduction of</p>	

CONTENTS

steering engine power (more than two times for range of turning 0–35°) compared with a thruster having fixed blade propeller. Brief description of the steering thruster with variable pitch propeller for patent formula is given. The paper contains the results of calculation and experimental data as well.

G.F. Demeshko, V.I. Mogilevsky. *Optimization of feeder fleet structure used to supply non-equipped shore points the part of which is located at the Arctic seas shoreline* 93

The problem of supplying non-equipped shore points the part of which is located at the Arctic seas shoreline has been considered.

As a result the optimal plan outlining the structure of the fleet necessary for this purpose as well as the pattern of its operation and routing have been developed.

B.A. Tsarev. *Formation of adaptable algorithmic models for ship's design characteristics optimization* 96

An approach towards the formation of design and research algorithms and program complexes to carry out studies on new groups of vessels (ecology monitoring vessels, for instance) or on subgroups emerging within existing groups of vessels is given. To this purpose it is proposed to use the adaptable algorithmic (AAM) model concept based on the old ones, which results in shorter period of investigations; The AAM concept is perfectly adapted to personal computers.

A.P. Matlakh. *Some features of active ice-navigating transport vessels vibration* 100

The article considers all the aspects of vibration origination on active ice-navigating transport vessels as well as the backgrounds for its elimination at the early stages of calculating resonance oscillations of hull, superstructure and superstructure decks.

The most rational measures of fighting with ice vibration have been analyzed. Vibration levels of a vessel underway have been defined and the most vital problems of fighting with ice vibration have been outlined.

I.G. Korzh, Y.F. Tarasyuk. *The history of designing and development of Russian-made equipment of asdic countermeasures and deception* 107

The history of designing and development of Russian-made equipment of asdic countermeasures and deception as well as the contribution of scientists into the process. The classification of asdic countermeasures and deception means is given in the article. The main stages of asdic countermeasures and deception systems in Russia are described.

S.P. Alekseev, S.M. Antsyferov, I.N. Davidan, F.N. Dobrotvorsky, V.V. Drabkin, S.A. Druzhevsky, I.G. Kantarzh, I.V. Lavrenov, I.O. Leontiev, I.A. Neelov, A.M. Serebryakov. *The study of bottom relief formation regular trends caused by waves, tides, currents and ice in some coastwise areas of the Baltic sea* 110

The dynamic model relief formation has been built basing upon the latest investigations as well as by means of digital simulation using a number of mathematical models. The changes of bottom relief in the northern part of Vyborg gulf and southwestern part of the Baltic Sea have been found to bear spatial and time nature.

The results of the study will help to find optimal design solutions of safe and efficient transportation of hydrocarbons.

To the 55th anniversary of rear-admiral professor S.P. Alekseev 117

T.S. Titova. *The comprehensive estimation of new shipbuilding technologies effect upon the environment* 118

The methods of comprehensive estimation of new shipbuilding technologies effects from the point of analyzing their influence upon the ecological component of natural-and-anthropogenic complex. With the purpose to estimate the said influence a notion of ecologic and quality index has been introduced varying from 0 to 1. A new technology of used wooden sleepers utilization has been proposed and estimation of its effect on the environment has been performed.

I.M. Kuzinets. *The work of his life* 122

The article narrates about an outstanding scholar, organizer and educational specialist, Doctor of technical sciences, professor, vice-admiral and engineer A.A. Sarkisov, known as the author of studies on dynamics and safety of nuclear and power plants.

K.P. Borisenko, V.B. Obratov. *To the centenary of E.V. Tovstych* 124

The article is devoted to the biography of E.V. Tovstych, his contribution to the development of shipbuilding industry and education of naval architects in Russia.

S.P. Siry. *The last naval minister of the Russian empire* 127

The article tells about the last years of I.K. Grigorovitch in Russia and in France. Describes the solemn funeral ceremony of the last naval minister of the Russian empire reburial from France to St.Petersburg as well as those efforts taken by the Navy of Russia and St. Petersburg Marine Assembly with the purpose to fulfill the last will of I.K. Grigirovitch.

To the 70th anniversary of Admiral V.P. Ivanov 132

L.A. Promyslov. *The plenum of the Central Board of the Russian scientific-and- technical society named after A.N. Krylov* 133

The results of the Russian scientific-and-technical society named after A.N. Krylov have been summed up and stages of future activity in the new format of shipbuilding industry: during and after its reconstruction and in its innovative development.



Нева-2005 — ВОСЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

**ПО СУДОСТРОЕНИЮ,
СУДОХОДСТВУ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ,
ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА**

Россия, Санкт-Петербург,
26-29 сентября 2005

Saint Petersburg, Russia, Lenexpo Complex,
September, 26-29th, 2005

Тематика выставки

НЕВА-2005

- ▣ судостроение, производство судового оборудования и систем
- ▣ морская техника, установки и оборудование для освоения океана и шельфа
- ▣ морское и речное грузовое, пассажирское и круизное судоходство
- ▣ строительство, реконструкция и деятельность морских и речных портов
- ▣ навигация и океанография
- ▣ судоремонт, обслуживание судов, безопасность мореплавания
- ▣ обучение и подготовка кадров флота

Дирекция выставки:
199106, Россия, Санкт-Петербург
ВО, Большой пр., 103, Ленэкспо
Тел.: (812) 321-2676, (812) 321-2817
Факс: (812) 321-2677
E-mail: transtec-neva@setcorp.ru

International Enquiries
Dolphin Exhibitions Ltd. UK
Phone: + 44 1449 741801
Fax: + 44 1449 741628
E-mail: info@dolphin-exhibitions.co.uk
www.setcorp.info/neva

www.setcorp.ru/neva



Адмиралтейские Верфи *300 лет на службе Отечеству*



**190121, С.-Петербург, наб. р. Фонтанки, 203, тел.: +7 (812) 114-88-63,
факс: +7 (812) 571-13-71, www.admship.ru, e-mail: info@ashipyards.com**

**190121, Fontanka Emb., 203, St. Petersburg, Russia, tel.: +7 (812) 114-88-63,
fax: +7 (812) 571-13-71, www.admship.ru, e-mail: info@ashipyards.com**

28 июля 2005 г. на закрытом стапеле ФГУП «Адмиралтейские верфи» была заложена первая серийная многоцелевая неатомная подводная лодка «Кронштадт», открывающая вслед за головной подводной лодкой этого проекта «Санкт-Петербург» серию подводных лодок нового поколения.

Головная подводная лодка «Санкт-Петербург», спущенная на воду в октябре прошлого года, в настоящее время проходит испытания.

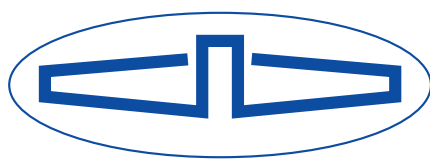
ЗАКЛАДКА СЕРИЙНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ВМФ РОССИИ



Подводная лодка «Кронштадт» строится по заказу Министерства обороны для Российского Военно-Морского Флота.

Проект закладываемой подводной лодки «Кронштадт» разработан ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» под руководством генерального конструктора Ю.Н. Кормилицина.

Подводные лодки «Санкт-Петербург» и «Кронштадт» являются первоклассными кораблями по своим техническим характеристикам. Они обладают такими важными свойствами, как повышенная акустическая скрытность, большая автономность и дальность плавания, высокая боевая мощь и надежность. ■



Р У Б И Н



СУДОСТРОЕНИЕ



*ОАО СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
«СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»*

198096, Санкт-Петербург, ул. Корабельная, дом 6
Тел.: 324-2914. Факс: 184-7678. E-mail: depl440@nordy.spb.ru



27 июля 2005 г. на судостроительном заводе «Северная верфь» состоялась закладка сторожевого корабля пр. 20380 для Военно-Морского Флота России. Приказом Главнокомандующего ВМФ РФ кораблю присвоено наименование «Бойкий».

В церемонии приняли участие заместитель Главкома ВМФ РФ М.Г.Захаренков, начальник Управления кораблестроения ВМФ РФ А.Ф.Шлемов, вице-губернатор Санкт-Петербурга М.Э.Осеевский.

Это событие стало главным в программе заводского фирменного дня, посвященного Дню Военно-Морского Флота.



Корвет пр. 20380 разработан Центральным морским конструкторским бюро «Алмаз». Корабли планируется оснастить новейшими системами ведения боя. Они будут применяться для патрулирования прибрежных вод, эскортных и противолодочных операций.



ЗАКЛАДКА ТРЕТЬЕГО КОРВЕТА ДЛЯ ВМФ РОССИИ

Заложенный накануне Дня Военно-Морского Флота сторожевой корабль «Бойкий» является третьим заказом пр. 20380. К настоящему времени на головном заказе «Стерегущий» полностью сформирован корпус корабля, установлены главная энергетическая установка и надстройка. Второй заказ был назван «Сообразительным» и заложен на «Северной верфи» в мае 2003 г. В настоящее время на нем завершаются работы по формированию корпуса.



- В постройке находятся:
- два эскадренных миноносца проекта 956ЭМ для инозаказчика;
 - три сторожевых корабля проекта 20380 для ВМФ РФ;
 - судно связи проекта 18280 для ВМФ РФ;
 - служебно-разъездной катер проекта 21270;
 - осуществляется ремонт БПК «Вице-адмирал Кулаков» и эсминца «Расторопный» Северного флота. ■



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ МОРСКОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ 75 ЛЕТ

К.П. Борисенко, профессор, ректор СПбГМТУ

Единственному кораблестроительно-му вузу страны исполняется 75 лет. По сравнению с более чем 700-летним возрастом Оксфорда или Сорбонны, даже с 250-летним возрастом Санкт-Петербургского государственного университета, это немного. Однако итоги работы Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, который многим известен и как Ленинградский кораблестроительный институт, за указанный период дают нам право отметить этот юбилей.

Итог первый. За истекшие 75 лет вуз подготовил и выпустил 50 тыс. специалистов. Результат их работы – кадровое и интеллектуальное обеспечение проектирования и постройки 15 тыс. кораблей и судов приблизительно по тысяче проектов. Начав с подъема, ремонта и модернизации кораблей, представлявших собой остатки флота Российской империи, они выполняли четыре грандиозные кораблестроительные программы, что обеспечило нашей стране победу в Великой Отечественной войне, затем позволило восполнить военные потери и к 1980 г. достичь военного паритета с США на море.

Итог второй. В ходе решения этих задач вуз непрерывно совершенствуя и укрепляя свой кадровый потенциал, лабораторную базу, накапливая опыт учебной и научной работы, получил признание в стране и за рубежом и по праву стал считаться серьезной составляющей государственного достояния, духовного богатства нашего народа.

26 апреля 1930 г. Высший Совет Народного Хозяйства СССР издал приказ № 257, который предписывал организацию Ленинградского кораблестроительного института на базе Кораблестроительного факультета Политехнического института. Это было продиктовано насущными требованиями жизни страны. В результате потерь, понесенных в ходе Первой мировой и Гражданской войн, флот нашей страны, как военный, так и транспортный, значительно уменьшился количественно и постоянно старел, все больше отставая от мирового уровня. К середине 20-х гг. XX в. отечественный транспортный флот составлял менее процента мирового. В конце 20-х гг. страна взяла курс на экономическое, политическое и военное возрождение и развитие. В связи с этим возникла необходимость и в резком увеличении морских перевозок. Принцип опоры на собственные силы был положен в основу строительства не только военного, но и транспортного флота, поскольку закупка или аренда судов за рубежом по финансовым причинам, а также из-за экономической блокады страны были неосуществимы. Руководство страны поставило вопрос о восстановлении и развитии собственной судостроительной промышленности.

Тогда же правительство приняло грандиозную программу строительства военного и гражданского флота, для выполнения которой требовалось большое количество специалистов, в первую очередь с инженерным образованием. Нехватка инженеров-кораблестроителей в те годы была очень острой. Буквально каждому выпускнику Кораблестроительного факультета ЛПИ, как впоследствии и выпускнику ЛКИ, приходилось сразу приступать к выполнению серьезных заданий по проектированию и постройке кораблей. Многие студенты начинали работу на заводах и в конструкторских бюро задолго до окончания института.

От Политехнического института вновь образованный ЛКИ получил хорошую наследственность. К организации Императорского Политехнического института на рубеже XIX и XX вв. были привлечены лучшие интеллектуальные силы страны: С.Ю. Витте, затем К.П. Боклевский, А.Н. Крылов, И.Г. Бубнов, А.П. Фан-дер-Флит, Г.Н. Пио-Ульский. Все эти выдающиеся люди имели хорошее высшее образование, были знакомы и творчески применяли на практике опыт зарубежных вузов. Благодаря им ЛКИ с первых дней своего существования стал достойным продолжателем того лучшего, что было достигнуто в морском образовании за 1899–1929 гг. в стенах Политехнического института.

В становлении ЛКИ большую роль сыграл профессор, впоследствии академик, Валентин Львович Позднюин, который с 1923 по 1929 г. был деканом Кораблестроительного факультета Политехнического института, а затем до 1948 г. заведовал кафедрой Проектирования судов ЛКИ. Он же был научным руководителем И.В. Виноградова, который первым защитил в 1936 г. в ЛКИ кандидатскую диссертацию.

В период преобразования Кораблестроительного факультета Политехни-

ческого института в самостоятельный Ленинградский кораблестроительный институт в 1929–1930 гг. обязанности декана исполнял профессор Петр Федорович Папкович, впоследствии до 1946 г. возглавлявший кафедру Строительной механики корабля ЛКИ.

Кораблестроительный факультет ЛКИ в 1930 г. возглавил профессор Николай Иванович Казанский, а Машиностроительный – профессор Владимир Константинович Васильев.

В развитие ЛКИ в первое десятилетие работы значительную роль сыграли такие профессора, как И.Н. Воскресенский, И.В. Мещерский, С.И. Дружинин, Г.Е. Павленко, В.Л. Сурвилло, В.А. Ваншейдт, Н.Е. Путов, В.П. Вологдин, доценты Е.И. Замятин, Н.А. Заботкин, И.В. Виноградов, Е.П. Зарина и многие др. Особо следует отметить заслуги И.И. Яковлева, возглавлявшего институт в сложный период – с сентября 1933 по июнь 1941 г.

Формирование кафедр началось в сентябре 1930 г. Сразу организационно сложились кафедры Высшей математики, Начертательной геометрии и графики, Сопротивления материалов, Теоретической механики, Иностранных языков, Теории корабля, Строительной механики корабля, Электрооборудования судов и электроники, Проектирования судов, Объединенная кафедра общественных наук. В 1932 г. образовалась кафедра физики, в 1933 г. – Материаловедения и технологии металлов, в 1934 г. – Сварки судовых конструкций, в 1936 г. – Конструкции корпуса, в 1937 г. – Химии.

10 января 1935 г. состоялось первое заседание Ученого Совета. 26 апреля 1938 г. Постановлением СНК СССР ЛКИ было предоставлено право присвоения звания доктора технических наук. 28 января 1939 г. профессор В.Л. Позднюин избран действительным членом Академии наук СССР.

Ученые ЛКИ активно сотрудничали с Научно-инженерным техническим обществом судостроения, в частности, в проведении исследований по стандартизации типов судов, в разработке методик проектирования лесовозов, нефтевозов, пассажирских судов, подводных лодок, катеров и надводных военных кораблей различных типов.

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

Создавались современные лаборатории: машинно-котельная, электрооборудования судов, физики, химии, Опытный бассейн кафедры Теории корабля. В 1940 г. ЛКИ выпустил инженеров по шести специальностям: кораблестроение, паровые установки, двигатели внутреннего сгорания, организация промышленности, постройка судов, постройка котлов и машин.

В числе преподавателей были два академика, четыре члена-корреспондента Академии наук. За предвоенные годы институт подготовил и выпустил в свет 130 учебников и учебных пособий, семь сборников Трудов ЛКИ. За 1931–1935 гг. институт подготовил 505 инженеров, за 1936–1941 гг. – уже 1252.

В последние предвоенные месяцы 1941 г. и в первые дни войны состоялся выпуск 150 специалистов, среди которых были такие известные и уважаемые люди, как будущие профессора П.А. Дорошенко, Г.Ф. Камнев, доценты В.К. Кузьменко и Н.А. Киселева. Многие выпускники тех лет внесли заметный вклад в создание, ремонт и совершенствование кораблей ВМФ и, тем самым, в Победу над врагом. Среди них – Н.Н. Исанин (дважды Герой Социалистического Труда), С.Н. Ковалев (дважды Герой Социалистического Труда), А.В. Маринич, В.И. Неганов, С.В. Слесаревич, Е.И. Юхнин, А.Е. Перевозчиков – генеральные конструкторы кораблей; директора заводов и КБ Я.Я. Кузнецов, Г.А. Гасанов, Г.А. Матвеев, А.И. Вознесенский. Министр судостроительной промышленности в 1957–1976 гг. Б.Е. Бутома. Профессорами ЛКИ и других вузов стали А.А. Курдюмов, В.П. Белкин, Я.Ф. Шаров, А.Г. Курзон, Я.И. Войткунский, А.З. Локшин, В.В. Рождественский, Ю.В. Ремез.

Сотни студентов и сотрудников сражались на фронтах. 450 человек воевали в составе 264-го Отдельного пулеметно-артиллерийского батальона. Судьбы многих из них нам неизвестны. Около 200 человек после войны вернулись в институт для продолжения уче-

бы, и все они имели боевые награды. Рудольф Соколинский за подвиг, совершенный при форсировании Одера, был удостоен звания Героя Советского Союза. Испытания военной поры показали, что в ЛКИ сложился уникальный коллектив с добрыми традициями.

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

Наряду с выполнением срочных, обусловленных военным положением, заданий, таких как строительство оборонительных сооружений, дежурство на постах МПВО, изготовление боеприпасов в учебно-производственных мастерских ЛКИ и работы на заводах города в составе бригад по строительству и ремонту кораблей, продолжался и учебный процесс. Продолжался, несмотря на голод и холод, бомбардировки и обстрелы, институт пережил эвакуацию, временное закрытие, выдержал борьбу за эвакуацию и болезненный процесс восстановления.

Трудности усугублялись безответственными решениями, принимавшимися некоторыми чиновниками Всесоюзного комитета Высшей школы при СНК СССР перед войной и даже в ходе войны, следствием чего была организационная неразбериха в управлении институтом. В связи с этим необходимо выразить глубокую благодарность группе его сотрудников державших «верный курс», и в первую очередь руководителю этой группы профессору Анатолию Александровичу Моисееву.

После совещания в Смольном в конце июня 1941 г. руководство ЛКИ приступило к привлечению работы студентов и сотрудников на судостроительных заводах и кораблях. В первых числах июля промышленность предложила 14 оборонных тем, в разработке которых желательно было участие ученых ЛКИ. В результате была организована бригада из 28 видных специалистов для выполнения этих работ. С 27 июля к работе приступила группа консультантов по оборонным и техническим вопросам при Октябрьском РК партии. От ЛКИ в ее состав вошли академик В.Л. Позднюн, профессор В.А. Ваншейдт, М.М. Глаголев, А.М. Митинский, Н.Е. Путлов. Доцент Л.С. Окорский с первых дней войны был прикомандирован в качестве научного консультанта к Ленинградскому отделению Наркомата судостроительной промышленности.

В состав Научно-технического комитета ВМФ от ЛКИ вошли доценты А.Г. Курзон и В.В. Семенов-Гян-Шанский, ассистент А.А. Курдюмов, аспиранты А.И. Павлов и К.Г. Четверухин. В их

обязанности входило участие в следующих программах:

- сбор и обобщение материалов о повреждениях кораблей в бою;
- разработка средств защиты кораблей от магнитных мин;
- проектирование и наблюдение за постройкой 100-тонных тральщиков;
- проектирование спасательных средств;
- проектирование и постройка плавсредств для Ладоги – тендеров и плашкоутов.

На январь 1942 г. в городе на полную мощность работали семь судостроительных заводов, и на каждый из них ЛКИ направлял специалистов и студенческие бригады, которые участвовали в ремонте:

- крейсера «Петропавловск» (октябрь 1941 – апрель 1942 г.);
- подорвавшегося на mine крейсера «Максим Горький» (июнь – август 1941 г.);
- линкоров «Марат» и «Октябрьская революция», крейсера «Киров», лидера «Ленинград», 12 эсминцев (зима 1942 г.);
- 7 тральщиков, 29 подводных лодок, 49 торпедных катеров, более 60 малых вспомогательных судов.

На стапелях ленинградских заводов при участии специалистов и студенческих бригад достраивались 2 эскадренных тральщика и 13 подводных лодок. С их же участием построены 48 больших «морских охотников»; 155 самоходных тендеров и плашкоутов и 20 барок-блокадов для Ладоги.

За навигацию 1942 г. судами по Ладоге из Ленинграда на Большую землю было перевезено 528 400 человек, в Ленинград доставлено 101 294 т грузов.

Большую роль в обезвреживании и раскрытии секрета новейшей немецкой торпеды «Т-5» с потопленной в Выборгском заливе подводной лодки «U-250» сыграл заведующий кафедрой физики ЛКИ профессор Л.Л. Мясников. В разработке методов борьбы с неконтактными минами принимал участие профессор Я.Ф. Шаров.

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

1 сентября 1945 г. начался первый послевоенный учебный год в возрожденном ЛКИ. Послевоенное возрождение и дальнейшее развитие института на протяжении 31 года связано с именем Евгения Васильевича Товстых, назначенного в июне 1945 г. директором ЛКИ (с 1958 г. – ректором). В 1946 г. институт был передан в ведение Министерства высшего образования.



SEVERNOYE DESIGN BUREAU

СЕВЕРНОЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО



Северное проектно-конструкторское бюро – ведущая фирма России по проектированию кораблей и судов. По проектам бюро построено более 150 судов суммарным водоизмещением около 0,7 млн. тонн: сухогрузы и контейнеровозы, рефрижераторы и химовозы, а также специализированные суда.

Обладая высоким научно-техническим потенциалом, Бюро предоставляет услуги по разработке проектов судов и обеспечению их строительства на российских и зарубежных верфях:

- сухогрузных судов неограниченного района плавания и смешанного плавания;
- многоцелевых судов ледового плавания;
- танкеров и химовозов;
- пассажирских судов;
- специализированных судов.

Severnoye Design Bureau is a leading firm in Russia in the field of warship and commercial vessel design. More than 150 vessels of 0.7 million tons total displacement such as dry cargo and container vessels, refrigerators and chemical vessels as well as the special purpose vessels were built according to our Bureau's designs.

Having high scientific and technical potential our Bureau is able to provide services in development of vessel projects and further construction by the Russian and foreign shipyards:

- Dry cargo oceangoing and sea/river going vessels;
- Multi-purpose ice vessels;
- Tankers and chemical carriers;
- Passenger vessels;
- Special purpose vessels.

В этот период институт не только совершенствовался как учебное заведение, но и как и научный центр. Успешно развивались научные школы, что позволяло решать актуальные проблемы судостроения и повышать уровень подготовки студентов и аспирантов. В ЛКИ в этот период велись исследования остойчивости, качки и управляемости судов различных типов; гидроаэродинамика быстроходных судов; проектно-исследовательские обоснования повышения мореходности, безопасности и экономичности судов; совершенствовались методы расчета прочности; исследовались свойства новых материалов и способов повышения технологичности конструкций; велись работы по повышению мощности, экономичности и надежности энергетических установок; научному обоснованию классификационных Правил Морского Регистра; внедрению в кораблестроение методов унификации, нормализации и стандартизации, а также компьютерное обеспечение экспериментов, расчетов и организационно-управленческих мероприятий; обеспечение судов средствами автоматизации, повышающими безопасность плавания; уделялось внимание повышению эффективности и надежности новых комплексов приборов и аппаратов; разрабатывались технические средства исследования и освоения Мирового океана.

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

Активно работали аспирантура и докторантура. Осенью 1947 г. возобновило работу Студенческое научное общество. О том, какое значение руководство института придавало работе СНО, можно судить хотя бы по тем фактам, что его председателем был назначен профессор В.К. Васильев, а первыми докладчиками стали всем известные ученые А.Н. Холодидин, В.С. Дорин, А.И. Вознесенский.

В 1959 г. были открыты филиалы в Северодвинске и Каспийске, выросшие впоследствии в самостоятельные вузы – Севмашвуз и Дагестанский Политехнический институт.

В 1953 г. была возрождена традиция шлюпочных походов, в 1958 г. создан яхт-клуб.

В течение трех послевоенных десятилетий были построены новые здания

института на Лоцманской улице и в Ульяновке, гребная база на Крестовском острове, экспериментальная база в Приморске.

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

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

За успехи в подготовке высококвалифицированных кадров для судостроения и в развитии научных исследований Указом Президиума Верховного Совета СССР от 7 января 1967 г. ЛКИ был награжден орденом Ленина.

Развивались международные связи института. В конце 50-х–начале 60-х гг. XX в. были заключены долгосрочные Договоры о сотрудничестве с вузами ГДР, Польши и Болгарии. Многие преподаватели института прошли научно-педагогическую стажировку в вузах США, Англии, Швеции, Нидерландов, Бельгии, Германии, Швейцарии и Италии. Командировались преподаватели и для работы в развивающихся странах – Алжире, Вьетнаме, Индии, Йемене, Гвинее. С начала 90-х гг. развивается активное сотрудничество с вузами Китая.

В 1976 г. ректором ЛКИ был назначен д-р техн. наук профессор Дмитрий Михайлович Ростовцев. Под его руководством в конце 70–80-х гг. институт успешно развивался и продуктивно работал. В результате произошел настоящий прорыв в педагогической и научной работе, укреплялась лабораторная база. Рос авторитет института в стране и за рубежом.

При вынесении в 1990 г. решения о преобразовании ЛКИ в Государственный морской технический университет ректором, Ученым советом, министерством весьма позитивно оценивались итоги роста, уровень вуза на данный момент. Было отмечено, что техническое переоснащение, целью которого был переход вуза на мировой уровень, шло успешно. Но, несмотря на это, с начала 90-х гг. положение вуза усложнилось в основном по следующим причинам:

- традиционная цепочка флот–судо-строение–кораблестроительное образование разрушилась в первых двух звеньях;
- в общественное мнение стала внедряться мысль о том, что в России слишком много вузов, такого количества специалистов, какое они выпускают, стране не нужно.

Как следствие, госбюджетное финансирование было резко сокращено. Что касается избытка специалистов, мы, работники образования, согласиться с этим тезисом не можем. Это абсурд, поскольку невежество никогда не приносило добрых плодов. Напротив, пока страна в состоянии давать молодежи образование, у нее есть хорошие перспективы.

Денежный дефицит университет восполняет своими силами, затрачивая на это массу труда. Но результат есть. Университет развивается. Открываются новые специальности: социология и юриспруденция, средства освоения Мирового океана, эксплуатация морской техники, инженерная защита окружающей среды, робототехника – и это далеко не полный перечень.

Не вызывает сомнения, что кадры, подготовленные нашим вузом, сыграли решающую роль в создании океанского флота страны и в других областях. Неслучайно среди немногочисленной когорты Героев Российской Федерации – четыре наших выпускника: генеральный конструктор Ю.Н. Коновалов, директор ФСБ генерал армии Н.П. Патрушев, директор ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова академик РАН В.М. Пашин, директор ГУП «Адмиралтейские верфи» В.Л. Александров. Видные посты в руководящих органах страны занимали наши выпускники Г.В. Романов, В.А. Романов, В.П. Булатов. Нашим выпускником является Представитель МИД России в Санкт-Петербурге Чрезвычайный и Полномочный посол В.А. Лопатников.

И это лишь несколько примеров, весьма убедительных, того, сколько достойных людей воспитал наш вуз.

В новое тысячелетие СПбГМТУ вступает как крупный учебный и научный центр, в котором учится около 8 тыс. студентов и аспирантов, работают 700 преподавателей, из которых 130 – доктора наук и профессора. В трудных условиях 90-х гг. университет сохранил свой научный, интеллектуальный потенциал, способность выпускать квалифицированных специалистов, развиваться в соответствии с требованиями времени. ■

Восьмидесятилетие со дня основания старейшего в судостроительной отрасли конструкторского бюро ЦКБ «Балтсудопроект» (с 1999 г. – филиал ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова) попадает в ряд замечательных юбилеев нашего Отечества, отражающих историю судостроения страны и показывающих взаимосвязь производства и науки в ходе их исторического развития.

Это и 300-летие нашего города – города Великого Петра, в истории которого морякам и кораблям отводится особое место, и 300-летие «Адмиралтейских верфей» – старейшего судостроительного предприятия страны, и 110-летие ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова – гордости отечественной кораблестроительной науки.

Ровесник отечественного транспортного флота ЦКБ «Балтсудопроект» ведет свое летоисчисление с сентября 1925 г. В это время было утверждено положение о Центральном бюро морского судостроения (ЦБМС), на которое возлагалась функция головной организации по созданию отечественного флота собственными силами.

У истоков создания ЦКБ стояли корабельные инженеры А.И. Маслов (первый директор ЦКБ), Я.А. Копержинский, Е.С. Толоцкий, К.И. Боханевич, инженер-механик П.И. Титов, два чертежника: М.А. Ловягин и В.М. Векслер. Уже в конце 1925 г. в бюро работало более 100 конструкторов.

В процессе развития бюро неоднократно проходило реорганизацию, расширялся круг выполняемых им задач, менялись наименование и численность сотрудников.

В 1928 г. ЦБМС было реорганизовано в Государственную контору по проектированию судов «Судопроект». На нее дополнительно возлагались обязан-

ЦКБ «БАЛТСУДОПРОЕКТ» – РОВЕСНИК ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА

В.Н. Куреев, Н.Н. Родионов, ЦКБ «Балтсудопроект»

ности проведения научно-исследовательских работ, разработка технических условий и стандартов на судовое оборудование, а также оказание технической помощи судостроительным заводам.

В 1929 г. в «Судопроект» с судостроительных заводов передали разработку рабочих чертежей и перевели конструкторов заводских технических бюро. Численность ЦКБ в это время выросла до 600 человек. В этом же году контора непродолжительное время называлась «Судопрроверфь».

В 1934 г. на «Судопроект» была возложена обязанность проектирования наряду с гражданскими вспомогательных судов ВМФ. С 1937 г. «Судопроект» стал называться Ленинградским проектным институтом, а несколько позже получил наименование ЦКБ-32.

С 1941 г. ЦКБ находилось в эвакуации вначале в Сталинградской области, а затем в Казани. В том же году к нему было присоединено эвакуированное из Ленинграда ЦКБ-50.

В 1945 г. ЦКБ возвратилось в Ленинград, и уже к началу 50-х гг. ему удалось преодолеть трудности, явившиеся следствием войны. Бюро пополнялось молодыми кадрами, и его численность выросла до 800 человек.

В 1966 г. бюро получило новое наименование – ЦКБ «Балтсудопроект». В 1969 г. из ЦКБ «Айсберг» в него было передано бюро буксирных судов со своей номенклатурой. Численность сотрудников ЦКБ в 70–80-е гг. превышала 1400 человек.

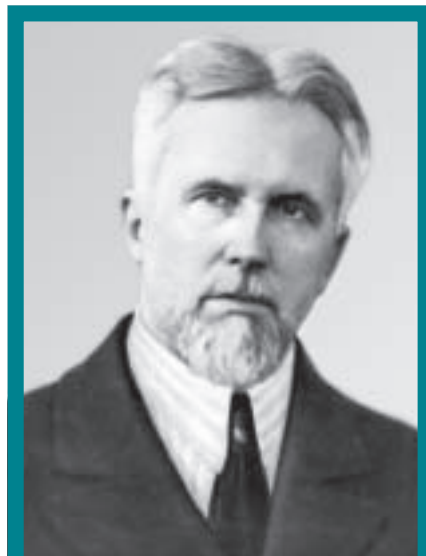
В 1999 г. ЦКБ «Балтсудопроект» вошло в состав ГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» на правах филиала.

За время существования ЦКБ по 180 проектам было построено более 2600 судов и кораблей различного назначения суммарным водоизмещением более 11 млн. т. Уже в первые годы существования в бюро было разработано 19 проектов судов, в числе которых – рейдовая шхуна для Азовского моря, почтовопассажирские, наливные, сухогрузные суда и буксиры.

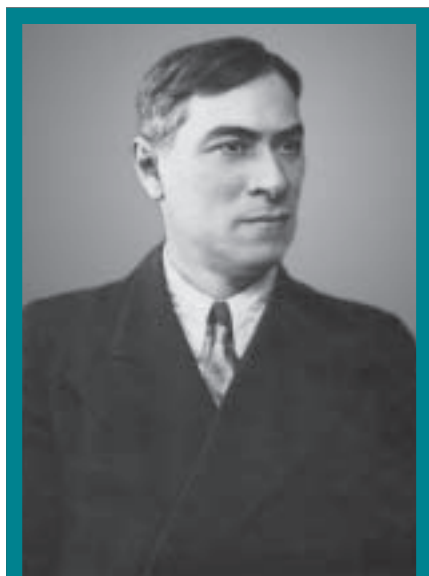


Я.А. Копержинский

За 15 довоенных лет под руководством главных конструкторов Е.С. Толоцкого, К.И. Боханевича, Я.А. Копержинского, Л.М. Ногида в бюро было разработано около 100 проектов судов



Е.С. Толоцкий



А.И. Маслов



К.И. Боханевич



Л.М. Ногид



П.И. Халимович

различных типов. Половина из них была реализована постройкой – это 440 судов суммарным водоизмещением 1,5 млн. т. В их числе были лесовозы, рудовозы, грузопассажирские, пассажирские, гидрографические суда, буксиры, доки. В бюро были спроектированы первые отечественные танкеры и ледоколы.

В предвоенные годы были разработаны проекты: сторожевого корабля типа «Ястреб» (главный конструктор – Я.А. Копержинский) и тральщика (главный конструктор – Л.М. Ногид). Постройка сторожевого корабля велась на Северной верфи, а тральщиков на Петрозаводской и Понтоновой верфях. Кроме того, по проекту бюро на Дальнем Востоке велось строительство сетевых заградителей.

За время эвакуации в бюро разрабатывались проекты торпедных и других боевых катеров различного назначения – так называемого москитного флота, из которых по девяти проектам было построено 620 единиц, вошедших в состав многих флотилий и внесших достойный вклад в дело Победы.

С возвращением из эвакуации бюро приступило к проектированию новых судов морского флота.

Для пополнения вспомогательного флота ВМФ под руководством главных конструкторов К.И. Боханевича, П.И. Халимовича, Я.А. Копержинского, В.И. Могилевича, М.А. Ловягина и А.Л. Кошерева были созданы проекты плавбазы подводных лодок, водоналивных танкеров, кабельного и гидрографических судов, плавмастерских, танкеров-раздатчиков, плавучих доков.

Со второй половины 50-х гг. для ЦКБ начинается наиболее интенсивный период работы по проектированию судов нового поколения: танкеров, сухогрузов, научно-исследовательских судов и других. Первым был разработан проект танкера типа «Казбек» дедвейтом 11 430 т (главный конструктор – П.И. Халимович). Танкер стал первым в стране морским судном с цельносварным корпусом, с которого началось создание отечественного судового комплектующего оборудования. Суда строились вначале на Черноморском и Херсонском заводах, а затем на Ленинградском Адмиралтейском. Всего было построено 70 танкеров, создавших ядро отечественного нефтеналивного флота.

Начиная с 1955 г. бюро проектировало танкер типа «Пекин» дедвейтом 31 000 т (главный конструктор – П.И. Халимович, затем Н.Ф. Щукин). Подавляющая часть механизмов и комплектующего оборудования вновь создавалась промышленностью по заданиям ЦКБ. Проект отличался новизной технических решений и не уступал зарубежным аналогам того времени. Головной танкер «Пекин» был сдан заказчику Балтийским заводом в 1959 г. Всего по проекту было построено семь танкеров.

В начале 60-х гг. ЦКБ спроектировало танкер типа «София» дедвейтом 50 570 т (главный конструктор – Н.Ф. Щукин, затем Д.Г. Соколов). По нему начиная с 1963 г. на Балтийском заводе было построено 23 танкера двух модификаций.

В 60-х гг. в бюро был спроектирован танкер типа «Великий Октябрь» дедвейтом 16 300 т (главный конструктор – Н.Л. Кузьмичев). Суда по этому проекту строились на Балтийском и Керченском заводах. В этот же период был разработан проект танкера для перевозки Каспийской высокопарафиновой нефти типа «Никифор Рогов» дедвейтом 12 320 т (главный конструктор – С.М. Стеркин). На Астраханском судостроительном заводе было построено пять танкеров этой серии, причем по условиям завода сборка судна на стапеле выполнялась из двух половин с последующей стыковкой на плаву. Аналогичная технология была применена при строительстве танкеров типа «Великий Октябрь» на Керченском заводе «Залив».

В конце 60-х–начале 70-х гг. ЦКБ спроектировало самое большое из строившихся в стране транспортное судно – крупнотоннажный танкер «Крым» дедвейтом 150 000 т (главный конструктор – Н.Н. Родионов). Для комплектации нового танкера по заданию ЦКБ промышленностью страны было освоено ок. 100 единиц нового оборудования. Начиная с 1974 г. Керченским заводом «Залив» было построено шесть судов этого типа. На судах впервые, еще задолго до принятия конвенции МАРПОЛ, было применено двойное дно.

Дальнейшим развитием танкеров являлся проект экологически чистого (двойные борта и дно) танкера типа «Победа» дедвейтом 68 тыс. т, разработанный в 1978 г. (главный конструктор – В.М. Ванурин). Головное судно этого проекта было построено в 1981 г. на Керченском заводе «Залив». Всего было построено 17 танкеров этого типа, из них 11 судов на экспорт.

В 1993 г. в ЦКБ был спроектирован танкер-продуктовоз дедвейтом 7 000 т (главный конструктор – Д.Г. Соколов). Танкер по этому проекту «Виктор Дубровский» был построен на Адмиралтейских верфях.

В 1997 г. был спроектирован танкер ледового класса типа «Астрахань» дедвейтом ок. 20 000 т (главный конструктор – В.М. Воробьев). Разработка рабочих чертежей и строительство серии из пяти судов осуществлено на Адмиралтейских верфях.

Первыми послевоенными проектами сухогрузных судов стали суда типа «Днепрогэс» дедвейтом 7250 т (главный конструктор – К.И. Боханевич) и транспортные рефрижераторы типа «Актюбинск» дедвейтом 6040 т (главные конструкторы – К.И. Боханевич, затем



Д.Г. Соколов

Н.Ф. Щукин). Шесть судов типа «Днепрогэс» были построены на Черноморском заводе, а на Балтийском 14 судов типа «Актюбинск».

Во второй половине 50-х гг. был спроектирован производственно-транспортный рефрижератор «Севастополь» дедвейтом 4140 т (главный конструктор – Н.Ф. Щукин). Шесть судов этого проекта были построены на Балтийском заводе.

Под руководством главного конструктора П.С. Возного были спроектированы: пассажирское судно на 250 пассажиров типа «Киргизстан», лесовозы типа «Павлин Виноградов» дедвейтом 5620 т и типа «Вытегралес» дедвейтом 5700 т. Суда по этим проектам строили Ленинградский завод им. А.А. Жданова (ныне «Северная верфь») (девять единиц), Балтийский завод (шесть единиц) и Северная верфь и Выборгский завод (шесть единиц) соответственно. Лесовозы типа «Вытегралес» отличались новизной, впервые примененными на них, лицензионными главными двигателями производства Брянского машиностроительного завода.

В 60-х гг. в ЦКБ был спроектирован универсальный сухогруз типа «50-летие комсомола» дедвейтом 8230 т (главный конструктор – С.А. Никитенков). Головное судно этого проекта было построено на Северной верфи в 1968 г. Всего было построено 36 судов этого типа.

В ЦКБ «Балтсудопроект» был разработан проект лесовоза типа «Пионер Москвы» дедвейтом 6190 т (главный конструктор – В.А. Мацкевич), который стал базовым для целого ряда других проектов, таких как первые отечественные контейнеровозы типа «Сестрорецк» дедвейтом 5690 т и типа «Капитан Сахаров» дедвейтом 5720 т.

На базе этого же лесовоза в 1970 г. разработан проект универсального сухогрузного судна типа «Николай Жуков» дедвейтом 7750 т (главный конструктор – В.М. Ванурин). Всего было построено 52 судна упомянутых типов на Выборгском заводе.

В 1971 г. бюро начало разработку проектов первых отечественных судов с горизонтальной грузообработкой типа «ро-ро». Был разработан проект типа «Иван Скуридин» дедвейтом 4,6 тыс. т (главный конструктор – Б.К. Сидоров). Первое судно этого типа было построено на Северной верфи в 1975 г. В дальнейшем построено еще 13 судов этого типа и 8 судов с удлиненной цилиндрической вставкой типа «Шестидесятилетие СССР» дедвейтом 5500 т.

В начале 80-х гг. ЦКБ выполнило уникальный проект не имеющего аналогов в мире ледокольно-транспортного лихтеровоза с атомной энергетической установкой (главный конструктор – Н.Н. Родионов). Лихтеровоз «Севморпуть» по этому проекту был построен в 1988 г. на Керченском заводе «Залив».

В 1989 г. на Северной верфи был построен ролкер нового поколения «С. Киров» дедвейтом 7070 т (главный конструктор – В.А. Мацкевич), на котором впервые были решены вопросы обеспечения непотопляемости.

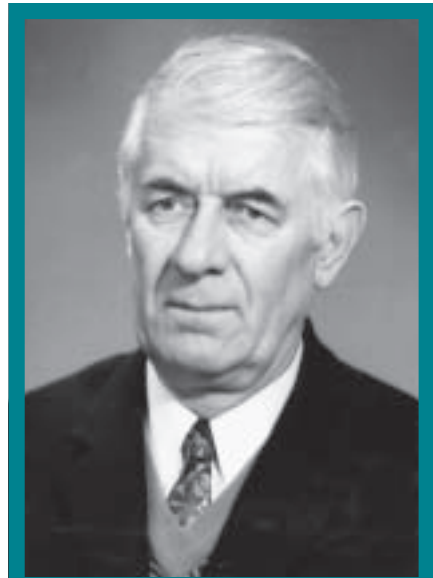
В начале 90-х гг. серия новых ролкеров типа «Кронштадт» дедвейтом 13 480 т (главный конструктор – В.А. Мацкевич) строилась на Балтийском заводе.

В ЦКБ «Балтсудопроект» были спроектированы лесовозы-пакетовозы типа «Капитан Лусь» дедвейтом 4670 т и универсальные сухогрузы типа «Амур» дедвейтом 5295 т (главный конструктор – А.А. Виноградов). Серия из пяти судов типа «Капитан Лусь» была построена на Выборгском заводе, а два судна типа «Амур» – на заводе в Комсомольске-на-Амуре.

В 1966 г. ЦКБ приступило к проектированию принципиально новых судов – обеспечения космических полетов. Так, на базе строящихся лесовозов был спроектирован плавучий телеметрический комплекс типа «Селена» (главный конструктор – П.С. Возный). По два судна этого типа было построено на заводе им. А.А. Жданова и Выборгском заводе соответственно.

Значительной вехой этого периода стало проектирование флагмана научно-исследовательского флота «Космонавт Юрий Гагарин» (главный конструктор – Д.Г. Соколов). Судно было построено в 1971 г. на Балтийском заводе.

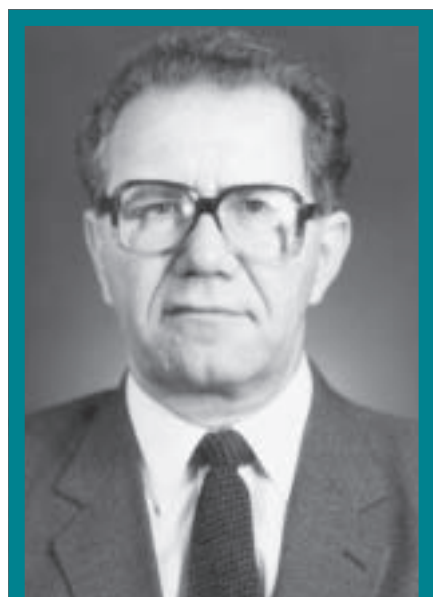
В 1974 г. был разработан проект «Селена II» (главный конструктор – Б.П. Ардашев). На заводе им. А.А. Жданова



П.С. Возный



С.А. Никитенков



В.А. Мацкевич



К.И. Сидоров

нова по этому проекту было построено четыре судна.

Конец 70-х–начало 80-х гг. ознаменовались дальнейшим развитием направления проектирования сложнейших судов обеспечения космических программ. Примером стал спроектированный в ЦКБ корабль «Маршал Неделин» (главный конструктор – Д.Г. Соколов), построенный в 1983 г. на Адмиралтейском заводе, а несколько позднее (1989 г.) корабль «Маршал Крылов».

К новому поколению вспомогательных судов ВМФ можно отнести и суда, построенные по проектам ЦКБ: танкеры снабжения типа «Борис Чиликин» и плавучая база торпедных катеров (главный конструктор – С.Н. Шумилов), водоналивного транспорта (главный конструктор – А.Г. Луковский). Суда по этим проектам строились на Балтийском (шесть единиц), Черноморском (две единицы), Выборгском заводах (две единицы).

В начале 70-х гг. разрабатывались два проекта океанских спасателей мощностью 9 000 л.с. (главный конструктор – П.С. Возный). На Адмиралтейском заводе по этим проектам было построено четыре судна, два для ВМФ и два для Минморфлота. В 80-х гг. под руководством главного конструктора В.А. Мацкевича были построены еще два судна для ВМФ.

В ЦКБ были разработаны проекты морских буксиров-спасателей мощностью 3 000 л.с. для ВМФ, а также для Министерства рыбного хозяйства и Морского флота (главный конструктор – Е.С. Васильев). Большинство судов по этим проектам строились на Ярославском заводе. Головные суда были сданы в 1972 и 1974 гг.

В 1976 г. на базе лесовоза был разработан проект поисково-исследовательского судна, оснащенного глубоко-

водными аппаратами и оборудованием для поиска и обследования затонувших объектов (главный конструктор – П.С. Возный).

В 1979 г. под руководством главного конструктора В.С. Титова была выполнена модернизация этого проекта, по которому на Выборгском заводе было построено четыре судна. Головное судно этой серии «Михаил Рудницкий» принимало участие в поиске и обследовании затонувшей подводной лодки «Курск».

Разразившийся в стране в начале 90-х гг. экономический кризис повлиял также на деятельность бюро. Практически прекратилось проектирование и строительство новых морских транспортных судов, научно-исследовательских судов, а также вспомогательных судов ВМФ. Было приостановлено строительство судов, создававшихся по проектам ЦКБ: на «Северной верфи» судна «Поволжье» (главный конструктор – В.А. Мацкевич), на Адмиралтейском заводе – судна «Академик Николай Пилюгин» (главный конструктор – Б.П. Ардашев). Суда в большой степени готовности были проданы за рубеж для переоборудования.

В сложных 90-х гг. в бюро был выполнен проект судна снабжения для Индии дедеветом 28 260 т (главный конструктор – В.А. Мацкевич). Судно построено на Адмиралтейском заводе в 1996 г.

Бюро испытывало большие сложности с нагрузкой и вынуждено было проводить сокращение численности, а в качестве организационной формы, обеспечивающей сохранение наиболее квалифицированной части коллектива, реализовать свое вхождение в состав ГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» на правах филиала. Это позволило организовать совместную работу с рядом отделений института, выполнить ряд значительных работ по проектированию, строительству и переоборудованию (дооснащению) судов и сохранить кадры.

В 2000 г. был разработан технический проект буксира-кантовщика мощностью 2640 кВт для Санкт-Петербургского Портофлота (главный конструктор – В.М. Ванурин).

В 2001 и 2002 гг. были завершены технические проекты танкеров усиленного ледового класса дедеветом 63 000 т и ок. 70 000 т соответственно (главный конструктор – А.А. Виноградов).

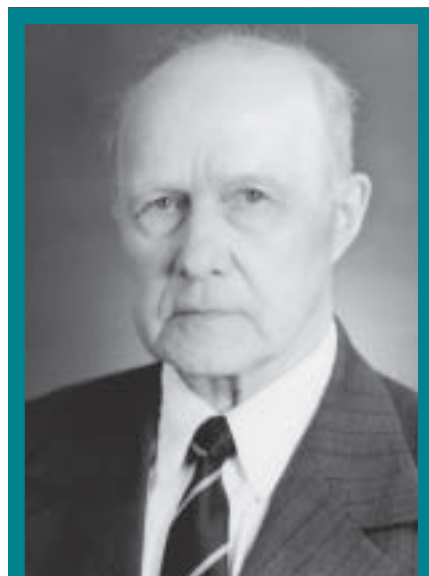
В 2003 г. был создан технический проект буксира-кантовщика мощностью 4000 кВт для ЗАО «Морской портовый сервис» (главный конструктор – Б.П. Ардашев, затем Е.С. Былинович). В конце 2004 г. по этому проекту на Выборгском заводе сдан головной буксир «Юрик» и в начале 2005 г. второй буксир «Аскольд».



А.А. Виноградов

В 2005 г. в бюро совместно с Балтийским заводом по заказу ФГУП «РОСМОРПОРТ» выполнен технический проект дизель-электрического ледокола мощностью 16 МВт для Финского залива (главный конструктор – В.А. Мацкевич). В настоящее время идет его строительство. Новый ледокол предназначен для обеспечения проводок крупнотоннажных судов шириной 40–50 м в Финском заливе в зимний период, буксировки судов во льдах и на чистой воде, тушения пожаров на плавучих объектах и оказания помощи судам, терпящим бедствие.

С 1999 по 2005 г. в ЦКБ под руководством главных конструкторов Б.П. Ардашева, Е.С. Былиновича, А.А. Виноградова, В.А. Мацкевича выполняется ряд предконтрактных проработок и проектов переоборудования (модернизации) судов. Это прежде всего предконтрактные проработки танке-



Е.С. Васильев

ра дедейтом 140 тыс. т, пассажирского парома для Балтики, высокоскоростного контейнеровоза, «ро-ро» для Кипрского заказчика, проекты переоборудования теплоходов «Амур», «Клавдия Еланская», «Экомар», ледоколов «Капитан Николаев» и «Владимир Игнатюк», буксиров, а также других судов.

При этом в ЦКБ постоянно совершенствовалась технология проектирования и постройки судов. Проводилась межпроектная и внутрипроектная унификация, практиковалось создание базовых проектов, проводилась автоматизация проектирования с помощью ЭВМ, разрабатывалась и внедрялась САПР, осуществлялось применение блочно-модульной технологии при разработке проектно-конструкторской документации. В настоящее время совместно с Балтийским заводом специалисты ЦКБ участвуют в разработке рабочей конструкторско-технологической документации ледокола для Финского залива с использованием САПР NUPAS-CAD/MATIC.

ЦКБ тесно сотрудничает с заказчиками, научно-исследовательскими институтами, разработчиками и поставщиками судового оборудования и материалов, заводами-строителями.

Консультантами бюро являлись известные ученые в области судостроения: А.Н. Крылов, Ю.А. Шиманский, П.Ф. Папкович, В.Л. Позднин и многие другие.

Ценнейшей основой ЦКБ и залогом его успеха всегда были конструкторские кадры, осуществлявшие работу под руководством опытных главных конструкторов, как отмеченных выше, так и многих других.

Начальниками бюро в разное время были А.И. Маслов, А.М. Фокин,



Н.П. Сытов

В.И. Могилевич, Н.П. Сытов, проработавший на этом посту 34 года, Н.Н. Родионов. В настоящее время бюро возглавляет В.Н. Киреев.

Главными инженерами были Н.Н. Исанин, Н.В. Голубев, Д.Г. Соколов. В настоящее время главным инженером бюро является В.Н. Круглов. Значительный вклад в проектирование судов внесли руководители конструкторских подразделений М.Н. Вольфензон, В.И. Зинин, К.А. Зайцев, А.Г. Ильин, Н.Ф. Квашук, Ю.Н. Козлов, М.П. Ланговой, А.Н. Маломедов, Н.А. Перов, Л.Н. Соболев, А.Т. Соловьев, Е.И. Трапер, Е.Г. Фрид, Л.Б. Королицкий, А.Г. Новиков, Ю.И. Рябков и многие другие.

Работа руководства осуществлялась в тесном сотрудничестве с общественными организациями.

Творческий труд конструкторов ЦКБ неоднократно отмечался государством. За большие успехи ЦКБ было награждено орденом «Трудового Красного Знамени» (1975 г.) и орденом «Октябрьской революции» (1985 г.). Начальник-главный конструктор ЦКБ Н.П. Сытов был удостоен звания Героя Социалистического Труда, конструктора ЦКБ – государственных наград и почетных званий.

Разрабатываемые ЦКБ проекты и ведущие конструкторские кадры становились базой для выделения многих новых проектно-конструкторских организаций по отдельным направлениям техники судостроительной отрасли.

В настоящее время в инициативном порядке в ЦКБ разрабатываются несколько проектов, которые являются залогом перспективной загрузки бюро.

В завершение следует отметить, что объем настоящей статьи позволил авторам лишь обозначить основные моменты истории ЦКБ «Балтсудопроект» за 80 лет своего развития. Более полно история бюро представлена в материалах музея ЦКБ «Балтсудопроект». ■

ЛИТЕРАТУРА

1. *Родионов Н.Н., Сытов Н.П.* ЦКБ «Балтсудопроект» – 70 лет. – СПб.: Судостроение. – 1995. – № 7.
2. *Сытов Н.П., Фрид Е.Г.* Проектирование судов на современном этапе // Судостроение. – 1985. – № 9.
3. *Сытов Н.П., Соколов Д.Г.* Достижения советского транспортного судостроения. – // Судостроение. 1975. – № 9. ■

Редакционный совет, редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» поздравляют коллектив старейшего в России конструкторского бюро ЦКБ «Балтсудопроект» с 80-летним юбилеем предприятия и желают всем его сотрудникам успехов в бизнесе, благополучия и творческих удач в создании флота для Отечества.

1925 - 2005

На ОАО «Балтийский завод» в Санкт-Петербурге в мае этого года по заказу ФГУП «Росморпорт» заложен линейный дизель-электрический ледокол для Балтийского моря.

Проектирование судна ведется совместно ОАО «Балтийский завод», ФГУП «ЦНИИ им. акад. Крылова» и его филиалом ЦКБ «Балтсудопроект». Строительство ледокола осуществляется под наблюдением Балтийской инспекции Российского Морского Регистра Судоходства.

Потребность в ледоколах подобного типа существует уже давно. Отечественный ледокольный флот не пополнялся новыми судами с 70-х гг. прошлого века и к настоящему времени сильно устарел. Возрастают объемы грузопотоков в Финском заливе и на Балтике, что связано с развитием Морского порта в Петербурге, вводом новых причалов в портах Приморск, Высоцк, Усть-Луга, других портах и терминалах Ленинградской области. Изменяется состав проводимого ледоколами транспортного флота в сторону крупнотоннажных судов.

Новый ледокол предназначен для обеспечения проводок крупнотоннажных судов шириной 40–50 м в Финском заливе в зимний период; буксировки судов и других плавучих сооружений во льдах и на чистой воде; тушения пожара на плавучих объектах и других сооружений; выполнения аварийно-спасательных работ и оказания помощи судам, терпящим бедствие в ледовых условиях и на чистой воде, а также доставки палубных грузов различного назначения и для проведения спасательных операций на взволнованном море.

Судно двухпалубное с удлиненным баком, со средним расположением машинного отделения, с двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками и подруливающим устройством в носовой части, со сдвинутой к носу жилой надстройкой и открытой палубой в кормовой части, на которую можно принимать вертолет.

Район плавания – неограниченный. Район эксплуатации – Балтийское море при температуре воды от -2 до 32°C и температуре окружающего воздуха от -30 до 35°C .

Судно строится в соответствии с требованиями Правил РМРС и под наблюдением Российского Морского Регистра судоходства на класс КМ ★ ЛЛБ [2] А1 П1.

Судно соответствует требованиям международных, национальных и региональных нормативных документов, конвенций и правил.

Автономность плавания на чистой воде по запасам топлива при 75%-ной мощности главной энергетической установки составляет 30 сут., по запасам провизии – 45 сут., по запасам питьевой

ЛИНЕЙНЫЙ ДИЗЕЛЬ- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЛЕДОКОЛ С ПОЛНОПОВОРОТНЫМИ ВИНТОРУЛЕВЫМИ КОЛОНКАМИ

*В.Н. Киреев, В.А. Мацкевич, А.Ф. Судеревский, С.В. Маревцев,
ЦКБ «Балтсудопроект»*

воды – 10 сут. с пополнением от опреснительной установки.

Дедвейт при осадке 8,5 м – ок. 6400 т.

Судно может перевозить палубный груз массой до 700 т в кормовой части верхней палубы, рассчитанной на равномерно распределенную нагрузку $3,2\text{ т/м}^2$, так как во время выполнения аварийно-спасательных работ и оказания помощи судам, терпящим бедствие как в ледовых условиях, так и на чистой воде, часто приходится принимать палубные грузы. Кроме того, в период отсутствия ледовых проводок (для Балтийского моря этот период составляет около семи–восьми месяцев) судно может, как показывает опыт эксплуатации зарубежных ледокольных судов, перевозить грузы различного назначения.

Скорость хода на глубокой воде при осадке 8 м 85%-ной максимальной длительной мощности главных двигателей, волнении моря 2 балла, ветре 3 балла и свежеекранном корпусе составляет не менее 16 уз.

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

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

Ледопродоходимость при осадке 8 м, движении со скоростью около 3 уз в ровном сплошном первогодичном льду прочностью 500 кПа со снежным покровом 10–20 см, при номинальной мощности на валах составляет не менее 1,0 м.

Испытания в Опытном бассейне ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» модели корпуса показали, что судно обладает допустимой степенью неустойчивости при возможности движения.

Для повышения его маневреннос-

ти (при швартовке и прохождению в узкостях, включая маневры на малой скорости хода и разворот на месте), а также для удержания в необходимом положении при работе лафетных створов системы тушения пожаров на внешних объектах судно оборудовано электроприводным подруливающим устройством (ПУ) мощностью около 1000 кВт (тягой около 16 тс).

Выполненные в Опытном бассейне на моделях исследования по управляемости и определению достаточности мощности выбранного носового подруливающего устройства показали, что во всех эксплуатационных случаях выбранная мощность ПУ обеспечивает работу судна в соответствии с его назначением.

В целях умерения бортовой качки ледокол оборудован скуловыми килями; в процессе проектирования решается вопрос о применении специальных цистерн умерения качки.

Судно обладает высокими маневренными качествами не только на чистой воде, но и во льдах. В ровном льду толщиной 0,5 м оно разворачивается на 180° на месте за время менее 3 мин.

Экипаж ледокола состоит из 20 человек, размещенных в одноместных каютах. Шестнадцать одноместных кают оборудованы индивидуальным санузлом с душем, а для капитана, старшего механика и двух старших офицеров предусмотрены блок-каюты состоящие из прихожей, салона, спальни и индивидуального санузла с ванной.

Для отдыха экипажа на судне предусмотрены салоны отдыха, курительный, тренажерный зал, сауна, а также помещения иного назначения: общая столовая команды и офицеров, камбуз, провизионные кладовые, прачечная, изолятор на одного человека с ванной/туалетом, амбулатория. Кроме этого, на

Основные элементы и характеристики

Длина, м	
наибольшая (без кормовых и носовых кранцев).....	114,0
между перпендикулярами.....	97,2
Ширина, м	
наибольшая.....	27,5
при осадке 8,5 м.....	26,5
Высота борта на миделе до верхней палубы, м.....	12,4
Осадка, м	
по летнюю грузовую марку	8,5
по конструктивную ватерлинию	8,5
Водоизмещение, т	
при осадке 8,5 м.....	14200
Мощность, кВт	
максимальная длительная на ВРК при работе на чистой воде	2х8000
главных дизель-генераторов	2х6000
.....	2х4500
Дальность плавания при осадке 8,0 м и скорости 16 уз, мили.....	Ок. 11500
Тяга на швартовах при мощности на ВРК 16000 кВт, кН.....	1700
Скорость по результатам модельных испытаний при осадке 8 м, уз.....	16
Число мест.....	26

Составляющие дедвейта

Топливо, т	
тяжелое	3330
дизельное	180
Масло, т.....	70
Вода, т	
пресная	
питательная	40
Жидкий балласт, т.....	2000
Команда с багажом, т.....	13
Палубный груз, т.....	700

ледоколе имеются: одноместная каюта, оборудованная индивидуальным санузелом с душем для лоцмана, одноместная каюта с индивидуальным санузлом и душем для руководителя аварийно-спасательной партии и две двухместные каюты, также с индивидуальным санузлом и душем для членов аварийно-спасательной партии.

Оборудование жилых помещений выполнено в соответствии с требованиями Правил РМРС. Каждая каюта оснащена удобной мебелью для отдыха, письменных работ, хранения одежды и личных вещей. Корпусная мебель выполнена из дерева.

Жилые и общественные помещения обслуживаются системой кондиционирования воздуха.

Для кратковременного размещения спасенных людей дополнительно предусмотрены два запасных помещения на четыре человека и два запасных помещения на шесть человек, оборудованные диванами и мягкими креслами. На верхней палубе – запасное помещение для хозяйственных нужд, которое при необходимости может быть также использовано для размещения спасаемых.

В целях улучшения обитаемости экипажа (уменьшения шума, вибрации и т.п.) жилые каюты расположены в отдельной стоящей от шахт МКО надстройке на палубе бака (рис. 1).

Корпус ледокола разделен поперечными водонепроницаемыми переборками на тринадцать отсеков, имеет двойные борта и двойное дно. Размеры шпаций: в носу до 23 шп. – 900 мм с двумя промежуточными шпангоутами в каждой шпации и в корму от 23 шп. – 800 мм с одним промежуточным шпангоутом в каждой шпации. Шпация продольного набора – 600 мм.

Конструкция, материалы и прочность корпуса соответствуют назначению, заданным условиям эксплуатации, и удовлетворяют требованиям действующих Правил РМРС на категорию ледовых усилений ЛЛ6.

Основные корпусные конструкции, подвергающиеся воздействию ледовых нагрузок, выполнены из листовой стали марок РСД-40 толщиной 20–24 мм с пределом текучести 390 МПа (основной ледовый пояс), РСД-32 толщиной 16–28 мм с пределом текучести 315 МПа (бортовая обшивка, расположенная ниже основного ледового пояса) и несимметричного полособульбового профиля из сталей марок РСА-40 с пределом текучести 390 МПа и РСА-32 с пределом текучести 315 МПа. Рамные шпангоуты и бортовые стрингеры – из стали марки РСВ с пределом текучести 235 МПа.

Остальные корпусные конструкции выполнены: листы из сталей марок

РСВ, РСД и несимметричный полособульбовый профиль – из стали марки РСА с пределом текучести 235 МПа.

Борта, оконечности, двойное дно, вторая палуба, платформа и палубы ярусов – по поперечной системе набора; верхняя палуба, палуба удлиненного бака, палуба рубки I яруса – по продольной.

Форштевень усиленной конструкции ледокольной формы выполнен литосварным, состоящим из литых частей и листов толщиной 44 мм.

На открытых палубе бака и верхней палубе предусмотрен фальшборт, который в кормовой части верхней палубы имеет усиленную конструкцию.

Для защиты от коррозии подводной поверхности корпуса предусмотрена электрохимическая защита (система катодной защиты) с анодными узлами повышенной прочности в сочетании с ледостойким лакокрасочным покрытием «Инерта-160».

Для защиты балластных танков и цистерн применены допущенные Регистром РМРС системы эпоксидных покрытий, преимущественно светлых тонов.

Для защиты внутренних поверхностей в постах управления, жилых и служебных помещениях, труднодоступных пространствах, а также для открытых поверхностей палуб и переборок применены системы покрытий, допущенные Регистром РМРС, с характеристиками медленного распространения пламени и не выделяющие чрезмерное количество дыма и токсичных продуктов во время пожара.

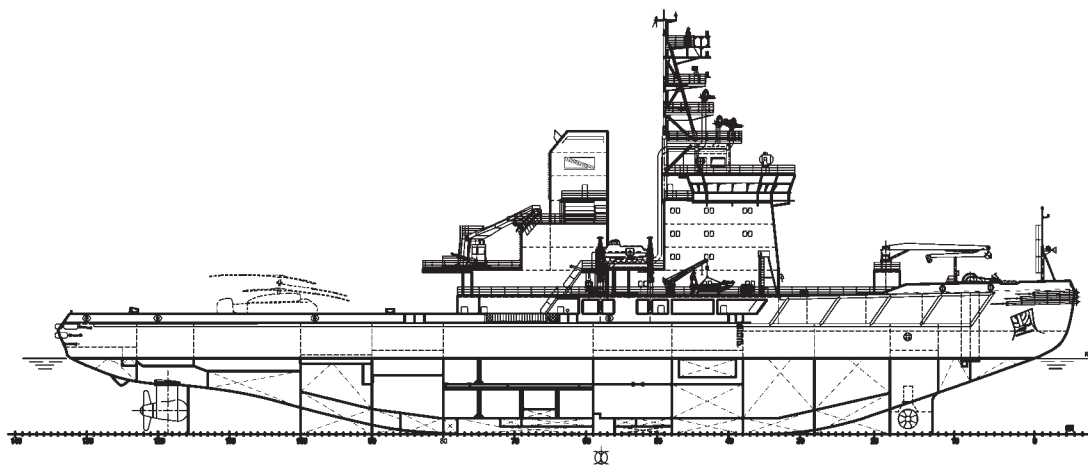
На судне установлено два станковых якоря Холла весом по 5610 кг, и один запасной того же веса хранится на береговой базе. Для подъема и отдачи станковых якорей на палубе бака установлены две швартовные лебедки, снабженные брашпильными приставками для цепи калибром 66 мм второй категории прочности, обеспечивающие тяговое усилие на звездочке не менее 182 кН. Управление отдачей якорей осуществляется с местного поста управление на верхней палубе и дистанционно из рулевой рубки.

Для швартовки и буксировки предусмотрено необходимое количество швартовых и буксирных кнехтов, клюзов, роульсов и других изделий швартовно-буксирного устройства.

В качестве тяговых механизмов для проведения швартовых операций в корме установлены два швартовых шпиля с номинальным тяговым усилием по 125 кН, в носу использованы швартовные лебедки с брашпильными приставками с номинальным тяговым усилием на швартовном барабане и на турачке по 125 кН.

Для выполнения буксировок транспортных судов в ледовых условиях и на чистой воде судно в составе буксирного устройства оборудовано буксирным блоком и электрической

Боковой вид



- Верхний мостик
- Палуба рубки 4 яруса
- Палуба рубки 3 яруса
- Палуба рубки 2 яруса
- Палуба рубки 1 яруса
- Палуба бака
- Верхняя палуба
- Вторая палуба
- Платформа
- Второе дно

Палуба рубки 2 яруса

Палуба рубки 3 яруса

Палуба рубки 4 яруса

Верхний мостик

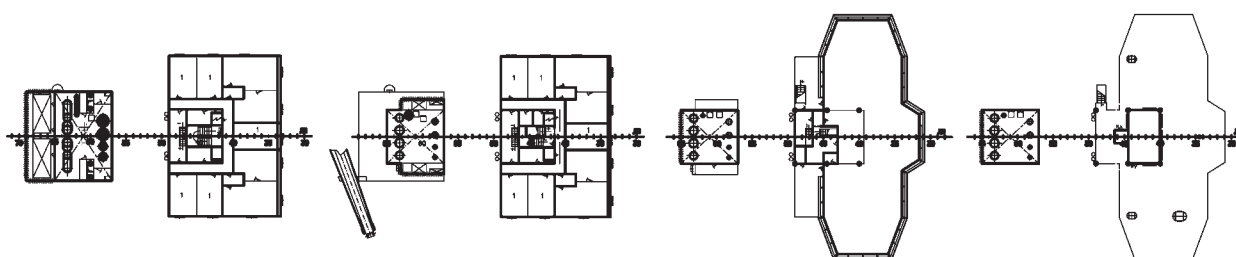
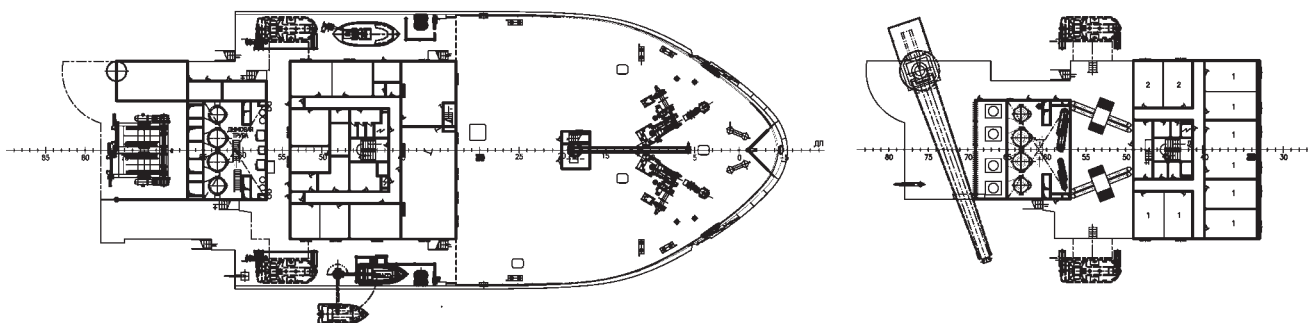


Рис. 1 Линейный дизель-электрический ледокол для Балтийского моря

Палуба бака

Палуба рубки 1 яруса



Верхняя палуба

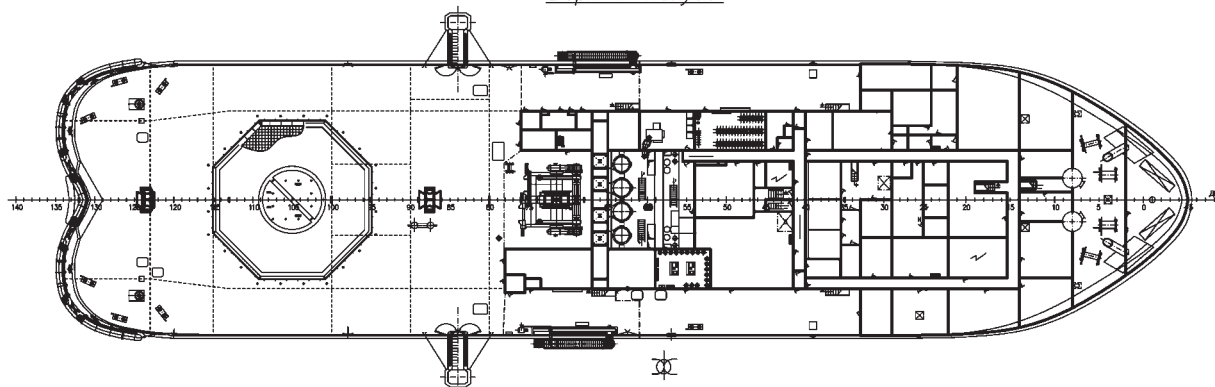


Рис. 2 Линейный дизель-электрический ледокол для Балтийского моря

двухбарабанной буксирной лебедкой с тяговым усилием 1700 кН, с канатомкостью на каждом барабане 700 м при диаметре троса 85 мм. Лебедка обеспечивает буксировку при постоянной длине буксира, свободное травление каната ходом судна, выборание буксирного каната электроприводом лебедки и имеет возможность регулирования системы удерживающего усилия. Управление осуществляется из рулевой рубки и с местного поста управления вблизи лебедки.

В носовой и кормовой оконечностях предусмотрено кранцевое устройство. Носовые кранцы выполнены из резиновых труб диаметром 400/200 мм, кормовые кранцы диаметром ок. 600 мм – из пучка резиновых трубок диаметром 60/32, оплетенного стальными канатами. Кранцы покрыты защитными фартуками, сплетенными из стальных и пеньковых канатов.

В районе верхней палубы и палубы бака, по правому и левому бортам установлены стальные привальные брусья.

Спасательное устройство судна состоит из расположенных побортно на палубе бака: двух закрытых спасательных шлюпок вместимостью по 26 человек обслуживаемых двумя шлюпбалками и четырех 16-местных спасательных плотов сбрасываемого типа.

Шлюпочное устройство расположено на палубе бака и состоит из шестиместной дежурной шлюпки и рабочего катера. Дежурная шлюпка на правом борту обслуживается спускоподъемным устройством, рабочий катер по левому борту обслуживается кранбалкой.

Индивидуальные спасательные средства – в соответствии с Правилами РМРС.

Эвакуация людей с аварийного объекта или доставка аварийной команды на него, выполнение различных грузовых операций осуществляется кран-трапом грузоподъемностью 1,8 т при максимальном рабочем вылете 25 м, расположенным на палубе бака по левому борту.

На судне предусмотрены специальные устройства для эвакуации людей с аварийных объектов и подбора с воды.

Для обслуживания провизионных и общесудовых кладовых на палубе бака в ДП установлен электрогидравлический складной кран грузоподъемностью 3 т с вылетом 18 м.

В кормовой части верхней палубы судна, предусмотрена взлетно-посадочная площадка восьмиугольной формы габаритом 16х16 м для приема вертолета типа «Ка-32» без постоянного базирования. Связь с вертолетом осуществляется из поста управления расположенного в рулевой рубке по правому борту.

Для выполнения подводно-технических работ на глубинах до 25 м, обследования и ремонта подводной части

корпуса ледокола, аварийных судов и других сооружений ледокол оборудован водолазным комплексом и средствами обеспечения водолазных спусков. Спуск и подъем водолаза в беседке осуществляется специальной кран-балкой, расположенной на палубе бака с правого борта. Для обслуживания водолазов на судне предусмотрен целый ряд помещений: декомпрессионной камеры, водолазный пост, компрессоров и баллонов водолазного комплекса, обогревателя водолазов.

Во всех жилых и других помещениях предусмотрены иллюминаторы с размером в свету 400×500 мм.

Рулевая рубка снабжена иллюминаторами с размерами в свету 1490×1090 мм и 2490×1090 мм. Двадцать пять иллюминаторов снабжены электрообогреваемыми стеклами, 12 иллюминаторов оборудованы стеклоочистителями. На всех лобовых иллюминаторах рулевой рубки установлены светофильтры. Светофильтр также предусмотрен на одном кормовом иллюминаторе правого борта рулевой рубки у поста управления вертолетом. Все иллюминаторы рулевой рубки снабжены системами обмыва стекол пресной водой и обдува теплым воздухом.

В главных поперечных переборках на второй палубе установлены пять клинкетных дверей с горизонтальным движением и электрогидравлическим приводом. Закрытие и открытие дверей предусмотрено с местных постов управления (около дверей) и только закрытие – из рулевой рубки.

Тепловая изоляция обеспечивает отсутствие отпотевания на поверхности изоляции и поддержание комфортных условий в помещениях в заданном диапазоне температур наружного воздуха при расчетных параметрах воздуха в помещениях при нормальной работе системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления. Выполнена негорючими теплоизоляционными плитами и матами.

Звукопоглощающие конструкции выполнены в виде матов из минеральной ваты.

Вибродемфирующее и вибропоглощающее покрытие нанесено в необходимых местах на корпусные конструкции верхней палубы и палубы бака.

В качестве изоляционных материалов, обеспечивающих огнестойкость противопожарных конструкций типа А-60 и А-15 применен негорючий минералосодержащий материал, имеющий сертификат Классификационного общества.

Для зашивки помещений использованы материалы соответствующие назначению помещений и отвечают требованиям Правил РМРС и Санитарных правил для морских судов.

Разделительные переборки и подволоки в жилых помещениях соответству-

ют требованиям по классу огнестойкости и базируются на применении системы зашивки декоративными панелями.

Для выравнивания неровностей палуб в жилых и общественных помещениях применены покрытия обеспечивающие комфортное проживание.

Судно оборудовано судовыми системами в объеме требований Правил РМРС. Часть из них рассмотрена ниже.

В соответствии с требованиями Правил РМРС на знак П1 для тушения пожара на плавучих и других объектах впервые в отечественной практике судно оборудовано стационарной палубной системой пожаротушения, состоящей из двух водяных и двух комбинированных (вода-пена) лафетных стволов на двух площадках над верхним мостиком с дистанционным управлением из рулевой рубки, общей подачей ок. 10000 м³/ч по воде и ок. 900 м³/ч – по раствору пенообразователя. Стволы обеспечивают подачу воды на оба борта с длиной струи свыше 150 м и обслуживаются четырьмя стационарными электронасосами подачей по 2500 м³/ч при напоре 1,6 МПа, а также одним центробежным электронасосом рабочим давлением 1,7 МПа для подачи пенообразователя к смесителям пенообразующей жидкости.

Откачка воды из отсеков аварийных судов обеспечивается хранящимися в кладовой на второй палубе погружными электронасосами суммарной подачей 1000 м³/ч и эжекторами суммарной подачей ок. 3000 м³/ч.

Система бытового водоснабжения состоит из двух цистерн запаса питьевой воды по 40 м³ с пополнением от опреснительной установки через фильтр-минерализатор.

Сточная система оборудована установкой биологической очистки. Вместимость сточной цистерны рассчитана на 3 сут. ($V = 20 \text{ м}^3$).

Система очистки нефтесодержащих трюмных вод оборудована согласно требованиям Международной конвенции по борьбе с загрязнением с судов (МАРПОЛ-73/78) установкой производительностью 2,5 м³/ч со степенью очистки до нормы 15 мг/л.

Балластная система предназначена для приема и удаления балласта из всех балластных, в том числе дифференциальных и креновых, цистерн. Обслуживается двумя самовсасывающими электронасосами подачей по 160 м³/ч с напором 3,0 кгс/см². Электронасосы балластной системы также обслуживают осушительную систему.

На ледоколе принята электро-энергетическая установка, которая располагается в средней части судна и состоит из четырех главных дизель-генераторов с мощностью дизелей: двух 12V32 по 6000 кВт и двух 9L32 по 4500 кВт, двух стояночных дизель-генераторов с мощ-

ностью по 670 кВт каждый, обеспечивающих питание судовых потребителей при стоянке судна при работе одного дизель-генератора, и одного аварийного дизель-генератора с радиаторным охлаждением и мощностью 160 кВт, обеспечивающего питание потребителей в соответствии с требованиями Правил РМРС.

Для привода главных генераторов применены среднеоборотные четырехтактные V-образные и рядные дизели.

Основные характеристики дизеля

Номинальная (длительная) цилиндровая мощность, кВт	500
Частота вращения, об/мин	750
Диаметр цилиндра, мм	320
Ход поршня, мм	400
Среднее эффективное давление, МПа	2,5

Расход топлива при 85 %-ной нагрузке (без учета насосов с приводом от двигателя) приведенный к теплотворной способности 42,7 МДж/кг, г/кВт · ч	180±5 %
Расход масла, г/кВт · ч	0,5±0,3

Указанный расход топлива гарантируется при следующих условиях (ISO 3046):	
температура окружающего воздуха, °С	25
барометрическое давление, МПа	0,1
влажность воздуха не выше, %	30
температура охлаждающей воды перед охладителем ТК, °С	25

Система смазки дизелей с мокрым картером. Система охлаждения – двухконтурная.

Пуск дизеля осуществляется сжатым воздухом давлением 3,0 МПа.

Для привода стояночных дизель-генераторов применены четырехтактные рядные дизели.

Основные характеристики дизелей

Номинальная мощность дизеля, кВт	Ок. 670
Частота вращения, об/мин	1000
Расход топлива дизелем на 100 % нагрузке (без учета насосов) с приводом от двигателя приведенный к теплотворной способности 42,7 МДж/кг, г/кВт · ч	ок. 187
Расход масла, г/кВт · ч	ок. 0,6

Система смазки дизелей с мокрым картером. Система охлаждения – двухконтурная. Пуск дизеля осуществляется сжатым воздухом давлением 3,0 МПа.

Аварийный дизель-генератор мощностью ок. 150 кВт при 1500 об/мин. Пуск дизеля – электростартерный.

Энергетическая установка судна оборудована всеми необходимыми системами, в том числе масляной, топливной, водяного охлаждения, воздушно-газовой, вентиляции МО и др., обеспечивающими ее функционирование в заданных условиях.

Система охлаждения забортной водой обеспечивает прием воды из перетоков двух ледовых ящиков объемом по 83 м³ циркуляционными насосами сис-

темы охлаждения и прокачку ее через охладители пресной воды ГДГ и оборудования пропульсивной установки, а также охладители СДГ и судового оборудования и отлив ее за борт или в ледовые ящики. Система охлаждения оборудована двумя ледовыми ящиками объемом 83 м³ каждый, оборудованных донно-бортовой арматурой, трубами рециркуляции и устойчивыми листами.

Котельная установка состоит из двух котлоагрегатов номинальной производительностью по 4000 кг/ч при рабочем давлении 0,7 МПа, работающих на топливе, едином с топливом главных двигателей.

Опреснительная установка состоит из вакуумного опреснителя производительностью ок. 20 т/сут, использующего тепло пара котельной установки.

Сжигания судовых отходов предусмотрено в инсинераторе производительностью 30 кг/ч.

Для производства сжатого воздуха предусмотрены два электрокомпрессора пускового воздуха производительностью ок. 30 нм³/ч каждый и давлением один – производительностью ок. 15 нм³/ч по свободному воздуху и давлением 3,0 МПа и один электрокомпрессор сжатого воздуха низкого давления производительностью ок. 150 нм³/ч с давлением 0,8 МПа.

В качестве топлива для дизелей ГДГ, стояночных дизель-генераторов и вспомогательных котлов применяется тяжелое топливо вязкостью до 180 сСт при 50 °С или топливо с меньшей вязкостью, для аварийного дизель-генератора и инсинератора – дизельное топливо Л-02-02.

Впервые в практике отечественного судостроения движительный комплекс судна состоит из двух полноповоротных винто-рулевых колонок (ВРК) с четырехлопастными винтами фиксированного шага (ВФШ) диаметром 4,5 м и подруливающего устройства Rolls-Royce с четырехлопастным ВФШ диаметром 2 м, мощностью 1000 кВт и тягой 16 тс.

Суммарная мощность на валах ВРК от двух гребных электродвигателей (ГЭД) переменного тока с частотой вращения от 0...±600 об/мин составляет 16000 кВт при частоте вращения винта на чистой воде 127 об/мин. Управление гребной электрической установкой предусмотрено из рулевой рубки, центрального поста управления и аварийное – из местного поста помещения ГЭД.

Судно оборудовано комплексом средств связи, отвечающим требованиям Конвенцией IMO SOLAS в обеспечении требований Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ) для морских районов плавания А1, А2, А3 с дублированием оборудования.

Система регистрации данных рейса (VDR) обеспечивает непрерывную авто-

матическую фиксацию показаний приборов и систем, характеризующих состояние и режимы работы судового оборудования и команды по управлению судном и окружающую обстановку.

Для обеспечения контроля и управления в соответствии со знаком автоматизации А1 Правил РМРС судно оборудовано интегрированной системой управления, контроля и сигнализации техническими средствами (КСУ ТС). В состав КСУ ТС входят системы управления комплексом ГДГ-ВРК; механизмами, обслуживающими ГДГ и вспомогательными механизмами МО, стояночными и аварийными дизель-генераторами; общесудовыми системами и т.п.

На судне предусмотрен комплекс современного оборудования для выполнения требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененной Протоколом 1978 г., в том числе: сепаратор льяльных; установка биологической очистки сточных вод; инсинератор; три контейнера вместимостью по 0,5 м³ – на открытой части верхней палубы: один для хранения несгораемых бытовых отходов и два – для хранения золы; четыре переносных контейнера для транспортировки разных видов мусора, который будет храниться в помещении для сжигания мусора.

Конструкция главных и стояночных дизель-генераторов обеспечивает выполнение норм по содержанию вредных примесей выхлопных газов дизелей оговоренных в приложении VI Конвенции МАРПОЛ 73/78.

При подготовке ОАО «Балтийский завод» к строительству ледокола для ФГУП «Росморпорт» повышенное внимание уделено вопросам качества выполнения работ, для чего на предприятии произведена переаттестация производственных процессов на соответствие требованиям стандартов ИСО 9001 Международной организации по стандартизации.

В соответствии с планами модернизации мощностей, завершена реконструкция корпусообрабатывающего производства.

При проектировании и строительстве ледокола планируется внедрение ряда новых технологических процессов, новых материалов судового и технологического оборудования.

Для разработки рабочей конструкторской документации по корпусу, общесудовым системам и системам ЭУ предусматривается трехмерное моделирование по зонной технологии с использованием современных САПР. При выпуске чертежей трубопроводных систем обеспечивается разработка карт-эскизов труб, что позволит изготавливать трубы без снятия шаблонов с места, оптимизировать трассировку трубопроводов, сократить трудоемкость монтажных работ.

Сдача головного судна запланирована в 1 квартале 2007 года. ■

В марте 2003 г. ЦКБ «Балтсудопроект» и ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» получили предложения от ЗАО «Морской портовый сервис» по разработке технического проекта портового буксира-кантовщика для нефтяного порта г. Приморск. Такой проект был разработан, а в декабре 2004 г. и январе 2005 г. на ОАО «Выборгском судостроительном заводе» были построены и сданы заказчику два однотипных портовых буксира-кантовщика мощностью по 4000 кВт, которые названы «Рюрик» и «Аскольд».

Буксиры построены на класс Российского Морского Регистра судоходства – КМ ЛУ5IIA1 ПЗВ буксир, с учетом дополнительных требований к классу по DWV Escort (п. 8) и Fi-Fi 1 по Регистру Ллойда.

Буксиры удовлетворяют всем действующим на момент закладки отечественным и международным Правилам и Конвенциям для судов данного класса.

Основные характеристики буксира

Длина, м	
наибольшая	36,65
по КВЛ	35,0
Ширина, м	
наибольшая	12,8
по КВЛ	12,6
Высота борта, м	6,2
Осадка, м	
по летнюю	
грузовую марку	4,40
габаритная	5,9
Дедвейт, т	175,5
(в т.ч. 155 т топлива)	

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПОРТОВЫЙ БУКСИР-КАНТОВЩИК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ 4000 КВТ

*Е.С. Былинович,
В.А. Беляшов, ЦКБ «Балтсудопроект»*

В проекте с особой тщательностью были отработаны главные размеры и форма корпуса судна с целью удовлетворения требованиям заказчика в части ледовых качеств, прочности корпуса и движителей, отсутствия вибрации на больших мощностях и обеспечению возможности проводить эскортирование крупнотоннажных танкеров в акваториях портов Балтийского моря. Последнее особенно важно, так как в настоящее время идет процесс внедрения правил по обязательному эскортированию танкеров в Балтийском море. На буксирах-кантовщиках были установлены современные движительно-рулевые комп-

лексы: по две полноповоротные винто-рулевые колонки с винтами регулируемого шага в направляющих насадках.

Ледовые качества буксиров, спроектированных и построенных на высший класс ледовых усилений для этих судов, позволяют использовать данные судна при толщине льда до 0,8 м, что практически является пределом толщины льда на Балтике.

Зимне-весенняя навигация 2005 г. в северной части Балтийского моря не была суровой, однако толщина льда в акватории Финского залива составляла в среднем 0,6 м, и буксиры без ограничений эксплуатировались в таких



ледовых условиях по прямому назначению в порту и на рейде нефтяного порта Приморска, двигаясь со скоростью до 10–12 уз в условиях смерзшихся льдов судового канала.

Одной из главных проблем работы буксиров в условиях порта является забивание льдом насадок, так как в связи с малыми скоростями течений образуются значительные толщины набитого льда по краям каналов и у стенок причалов. На новых буксирах эта проблема была решена благодаря применению винто-рулевых колонок с насадками с винтами регулируемого шага (ВРШ). При этом ВРШ имеет 100%-ную мощность на переднем ходу и 25%-ную – на заднем. Применение ВРШ обеспечило промывку насадок в случаях забивания льдом, повысило эффективность использования мощности, одновременно обеспечив эффективное управление скоростью хода и быстрое торможением судна на чистой воде.

По требованию заказчика буксиры могут также участвовать в тушении пожаров, в том числе на высокобортных судах. Они способны грузить на палубу и доставлять к местам аварий различное оборудование, в том числе для ликвидации разливов нефти.

Запасы топлива обеспечивают работу энергетической установки на полную мощность не менее 150 часов. Скорость судна при мощности главных двигателей 2×1980 кВт – 13,5 уз, тяга на швартовах на переднем ходу – 64 тс, на заднем – 60 тс. Боковое усилие при эскортировании на скорости 8–10 уз около 64 т, что позволяет одерживать и управлять танкерами дедеветом 70–100 тыс. т. Управляемость самого буксира обеспечена при всех скоростях переднего и заднего хода при диаметре циркуляции до половины длины корпуса.

Судно обслуживается вахтенным способом, сменой в составе пяти человек. Общее число мест на буксире – десять.

Система автоматизации и управления позволяет управлять буксиром одному вахтенному. Система управления типа «Аквапилот» дает возможность управлять пропульсивным комплексом главный двигатель–винто-рулевая колонка – винт регулируемого шага одной рукояткой из рулевой рубки. Из рулевой рубки (РР) обеспечен полный круговой обзор, обзор наверх и обзор носовой и кормовой частей палуб. Иллюминаторы в РР имеют

электрообогрев, обмыв и в необходимом количестве стеклоочистители. Управление лафетными стволами и системой телевизионного контроля обстановки также производится из рулевой рубки. Учитывая продолжительную работу буксира на заднем ходу, установлен соответствующий комплект ходовых огней заднего хода.

Судовые устройства обеспечивают работу судна по основному назначению. Установлены носовая двухбарабанная гидравлическая якорно-буксирная лебедка на номинальное усилие 450 кН с канатом диаметром 51 мм, кормовая однобарабанная буксирно-швартовная лебедка на номинальное усилие 200 кН с канатом диаметром 51 мм, буксирный гак с местной и дистанционной отдачей на 650 кН с канатом диаметром 63 мм.

Отбойное устройство, состоящее из резиновых труб диаметром 300 мм, установлено по всему контуру судна с тройным усилием в носу.

Грузовой гидравлический кран-манипулятор имеет грузоподъемность 3 тс на вылете 12 м и обслуживает все кормовую часть верхней палубы.

Установлены спасательные плоты типа ПСН-10МК и дежурная шлюпка на 16 человек с гидравлической кранбалкой.

Все гидроприводы механизмов имеют питание от насосов, навешенных на редукторные агрегаты главных двигателей, а также независимую электрогидравлическую систему питания.

Все судовые системы выполнены в соответствии с действующими Правилами и Конвенциями и обеспечивают необходимые условия обитания и функционирования судна.

Специальная противопожарная система водяного тушения выполнена применительно к требованиям Регистра Ллойда на класс Fi-Fi 1 и обеспечивает водяную завесу и подачу воды лафетными стволами подачей 2 x 1200 м³/ч с дальностью струи до 120 м. Подача пены – 600 м³/ч; обеспечивает работу одного воздушно-пенного ствола в течении 30 мин.

Энергетическая установка включает:

два главных двигателя – дизели типа GM25 («Caterpillar-Mak») мощностью 1980 кВт каждый при 750 об/мин;

два вспомогательных дизель-генератора типа WEM 150/5 («Wartsila») мощностью 150 кВт каждый;

один аварийный дизель-генератор типа WCM 30/5E («Wartsila») мощностью 30 кВт;

вспомогательный водогрейный котел типа КОАВ-63,3С теплопроизводительностью 73 кВт/ч.

Энергетическая установка обеспечивает все режимы работы судна по основному назначению в летнее и зимнее время.

Винто-рулевой комплекс – две полноповоротные ВРК фирмы Schottel, рассчитанные на работу в тяжелых ледовых условиях, имеют ледовые усиления на класс ЛУ5. Привод ВРК – через карданный вал от главных двигателей. Винты диаметром 2,6 м, четырехлопастные из никель-алюминевой бронзы, имеют номинальную частоту вращения 208 об/мин.

Основной род тока – трехфазный переменный, 400 В, 50 Гц.

Все режимы работы судна обеспечивают при работе одного дизель-генератора.

Средства навигации обеспечивают безопасность плавания вблизи берегов, в море и по ограниченному фарватерам и включают:

- РЛС 3-см диапазона с САРП;
- приемоиндикатор системы спутниковой навигации GPS;
- магнитный компас, лаг, эхолот и гирокомпас;
- электронную картографическую навигационно-информационную систему (ЭКНИС);
- систему контроля дееспособности вахтенного;
- аппаратуру автоматической идентификационной системы (АИС).

Средства радиосвязи обеспечивают плавание в морских районах А1, А2 по классификации РМРС.

Для работы с документацией и принятия факс-сообщений в ходовом режиме и на стоянке установлены административно-хозяйственная система, а также система документирования радиопереговоров и аварийных ситуаций с помощью системы телевизионного контроля и устройств цифровой видео записи в течение 6 часов.

Эксплуатация буксиров по прямому назначению в условия нефтяного порта Приморска в течение первого года будет проводиться под наблюдением генерального заказчика и должно определить дальнейшие пути совершенствования и развития мощных портовых буксиров-кантовщиков, работающих с танкерами дедеветом 100 тыс. т и более. ■

Ледоколостроению в России более 100 лет. За это время конструкторы и ученые выработали принципы назначения главных параметров и выбора элементов ледоколов. Основной из них – мощность энергетической установки (ЭУ) ледоколов – при переходе от одного типоразмера к другому, более мощному, практически удваивается. Этот принцип среди специалистов известен как «принцип Коваля»*, который находит наглядное подтверждение следующим рядом построенных ледоколов (табл.1).

В 80-е гг. специалистами прорабатывалась целесообразность и возможность строительства ледокола – лидера с АЭУ мощностью 110 000 кВт и даже 220 000 кВт.

АТОМНЫЕ ЛЕДОКОЛЫ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

*С.Н. Климашевский, ст. науч. сотрудник,
В.А. Старшинов, главный конструктор, ОАО «ЦКБ «Айсберг»*

оретических чертежей ледоколов, были проверены на практике. В них нашли применение новые принципы проектирования обводов и винто-рулевого комплекса, целью которых было следующее:

В основу разработок по атомным ледоколам XXI в. должны быть положены следующие требования:

– атомные ледоколы по назначению определяются как линейные с воз-

Таблица 1

Основные типы российских ледоколов

Наименование ледокола	Год постройки	Тип ЭУ	Мощность ЭУ, кВт.	Ледопроездимость, м
«Ермак»	1898	Паровые машины	7360	~ 1,0
«Василий Прончищев»	1961	ДЭУ	3970	0,6
«Москва»	1960	ДЭУ	14720	1,45
«Ленин»	1959	АЭУ	32380	1,75
«Арктика»	1974	АЭУ	55200	2,3

В связи с расширением народнохозяйственной деятельности России в Арктике в 70–80-е гг. потребовалось строительство новых ледоколов, в том числе для проводки судов в Енисейском заливе. Были построены «мелкосидящие» ледоколы типа «Капитан Сорокин» (1977 г.) ледопроездимостью 1,45 м с дизель-электрической установкой (ДЭУ) мощностью 17 170 кВт и л/к «Ермак» (1974) ледопроездимостью 1,8 м с ДЭУ мощностью 30 200 кВт

Длительный период их безотказной работы способствовал принятию решения о строительстве мощных и более широких мелкосидящих атомных ледоколов с одним реактором. На верфях Финляндии и России были построены однореакторные ледоколы типа «Таймыр» ледопроездимостью 2 м с российской АЭУ мощностью 2x18 400 кВт.

В 70–80-е гг. в России и Европе сформировалась группа конструкторов и ученых, работавших над проблемой совершенствования ледоколов и транспортных судов ледового плавания, тесно сотрудничавших друг с другом. Их разработки, включавшие теоретические и экспериментальные исследования, натурные эксперименты, прорисовки те-

– улучшение формы носовых обводов;
– применение направляющей насадки для увеличения упора винтов;
– использование лакокрасочного покрытия корпуса типа «Инерта-160» и листов, плакированных нержавеющей сталью, в носовой оконечности для снижения трения о лед;
– применение пневмо- и водообмыва наружной обшивки для предотвращения облипания, а также уменьшения трения корпуса о лед и снег.

Создание ледоколов будущего и выбора их главных элементов становится принципиально важным в связи со списанием в начале XXI в. большинства ледоколов и ледокольно-транспортных судов, действующих в составе ОАО «Мурманское морское пароходство» (табл. 2), при том что потребность в ледоколах сохраняется. Продолжается круглогодичная навигация на Дудинку. По заказу АО «Росшельф» и судоходной компании «ЛУКОЙЛАрктикТанкер» выполнены проекты танкеров дедвейтом от 20 000 до 80 000 т [1], по заказу последней построены танкеры ледового плавания типа «Астрахань».

– соответствующей задачи: проводка в круглогодичной навигации судов перспективной постройки, ширина которых может увеличиться в будущем до 40 м [2];

– основные характеристики ледоколов (ширина, мощность, ледопроездимость) должны обеспечить работу судов ледового плавания как на глубоководных трассах СМП, так и в заливах, а также на прибрежных участках шельфа;

– максимальное возможное снижение стоимости АЭУ за счет использования реакторов одного типа, выпускаемых серийно.

В статье разработаны предложения по номенклатуре ледоколов четвертого поколения, их форме обводов и основным элементам.

Опыт эксплуатации ледоколов показал, что выбор формы обводов необходимо проводить с учетом универсального их использования. Такие ледоколы должны выполнять все работы по проводке судов (лидирование, буксировка, околка) на глубокой и мелкой воде в многообразных ледовых условиях – припай, дрейфующий массив льда различной степени сплоченности, тороси-

* Коваль Г.М. (1919-1997) – известный специалист в области ледоколостроения, впервые сформулировавший этот принцип.

Ледокольный флот ОАО "Мурманское морское пароходство"

Суда	Год постройки	Плановый год списания
Атомные ледоколы		
«Арктика»	1974*	1999
«Сибирь»	1978**	2003
«Россия»	1985	2010
«Советский Союз»	1989	2014
«Ямал»	1991	2016
«Таймыр»	1989	2014
«Вайгач»	1990	2015
Дизель-электрические ледоколы		
«Капитан Николаев»	1978	2003
«Капитан Драницын»	1980	2005
*Разрабатываются предложения по продлению срока эксплуатации ледокола.		
**Ледокол находится в ремонте, разрабатываются предложения по продлению срока эксплуатации ледокола.		

стости, заснеженности и разрушенности, в условиях сжатия. Поэтому перспективные ледоколы должны иметь улучшенные традиционные обводы. Доводом в их пользу являются хорошие ледовые качества ледокола типа «Арктика» при работе в разнообразных ледовых условиях, в том числе высокая ледопроечность в дрейфующих льдах [3].

Благодаря научно-оперативному обеспечению с использованием вертолетной ледовой разведки в массиве льда обнаруживаются слабины (трещины, разводья, вставки молодого льда). Поэтому ледокол может двигаться быстрее, чем в припае. Значительно облегчает движение в дрейфующих льдах возможность раздвигания льдин корпусом ледокола, когда они двигаются вдоль борта, соприкасаясь с обшивкой торцевой незаснеженной поверхности, что существенно снижает сопротивление трения о борт. Это приводит к увеличению скорости ледоколов во льдах предельной для него толщины в 1,6–1,8 раза [3].

С целью улучшения ледопроечности ледоколов в сплошных ровных льдах на ледоколе «Мудьюг» применены санеобразные обводы носа (рис.1) [4]. В дрейфующем массиве льда он не может раздвигать льдины. Поэтому весь массив льда (независимо от его сплоченности), находящийся по курсу ледокола в полосе шириной, равной ширине ледокола, должен быть пройден по схеме, идентичной схеме прокладки канала в припайных льдах. Более того, в разреженных льдах такой толщины, при которой скорость ледокола падает ниже 4 уз, он толкает лед перед собой до тех пор, пока тот не упрется в большое поле. После чего происходит обламывание льда, притапливание под корпус и выталкивание разводящим днищевым клином под кромку канала.



Рис. 1. Носовая оконечность ледокола «Мудьюг» (видны наклонная плоскость носа, ледоразводящий клин и труба якорного устройства). Фото науч. сотрудника ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова А.А. Карелина

Таким образом, имея преимущество при движении в ровных сплошных льдах или припае, ледокол с санеобразным носом теряет его, двигаясь в разреженных толстых льдах.

По результатам комплексных исследований, выполненных с участием упомянутых выше специалистов, предлагаются новые параметры теоретического чертежа (табл. 3). По сравнению с ледоколами, построенными в 60–70-х гг., ледоколы, спроектированные и построенные в конце 80-х–начале 90-х, имеют меньший наклон форштевня к горизонту и больший развал борта в носовой части. В частности, эти рекомендации, проверенные в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, использованы на ледоколе «50 лет Победы». По эксперименту, его ледопроечность должна увеличиться по сравнению с ледоколами этой серии с 2,4 до 2,7–2,8 м.

Благодаря новой форме обводов, а также другим указанным выше мероприятиям ледовое сопротивление ледоколов может быть уменьшено на 25–30%, а ледопроечность увеличена до 30% без увеличения мощности. Такие достижения позволяют по-новому взглянуть на выбор основных элементов ледоколов будущего.

Важнейшим типоразмерным параметром ледокола является осадка. В настоящее время эксплуатируются ледоколы двух типов – мелкосидящие и глубокосидящие.

Осадка перспективного мелкосидящего ледокола выбрана с учетом осадок ледоколов типа «Таймыр». Их минимальная осадка, равная 8 м, удовлетворяет условиям плавания в Енисейском заливе и в Обской губе. Большие значения осадки недопустимы, так как главные и вспомогательные конденсаторы

**Рекомендуемые параметры формы корпуса перспективных
линейных ледоколов**

Основные параметры	Мелкосидящий ледокол		Глубокоосидающий ледокол	
	«Таймыр»	«Таймыр XXI»	«Арктика»	«Арктика XXI»
Отношение длины между перпендикулярами к ширине	5,03	4,43	4,86	4,45
Отношение ширины к осадке по конструктивную ватерлинию	3,46	3,70	2,55	2,9
Коэффициент общей полноты	0,56	0,57	0,546	0,546
Угол наклона форштевня к горизонту, град.	20	20	28	25
Угол наклона борта на мидель-шпангоуте, град.	8	8	20	15
Угол входа ватерлинии на 1-2 шп., град.	25	24	30	22
Угол развала борта на 1-2 шп., град.	53	60	45	50

могут засоряться донными отложениями при маневрировании, а при меньшей осадке уровень воды в ледовых ящиках снижается до опасных значений. Принята осадка по конструктивную ватерлинию (КВЛ) 8 м, а максимальная – 9 м. Осадка глубокоосидающего ледокола по КВЛ принята равной 11 м, т.е. равной осадке ледоколов типа «Арктика».

В разработку облика ледоколов с АЭУ четвертого поколения заложена идея унификации установки на ледоколах разных типов как наиболее дорогостоящего в строительстве и эксплуатации элемента из числа объектов насыщения. Это позволит значительно снизить стоимость самих ледоколов.

Опыт строительства и эксплуатации ледоколов типа «Арктика» и «Таймыр» и работы их реакторов показывал их высокую надежность. Поэтому, учитывая идею унификации главных агрегатов ЭУ, на мелкосидящем ледоколе предлагается один реактор и один турбоэлектроагрегат, т.е. одноэшелонная ЭУ, а на глубокоосидающем – двухэшелонная.

Винто-рулевой комплекс входит в число элементов, определяющих его основные характеристики – ходкость и маневренность. До последнего времени считалось, что для исключения забивания винтов льдом делать винты открытыми. Однако российский морской флот имеет положительный опыт эксплуатации достаточно мощных вспомогательных ледоколов типа «Мудьюг» (9,1 МВт) с двумя ВРШ в насадке. Анализ взаимодействия его

винтов со льдом и аварийность, выполненный в Мурманском и Северном морских пароходствах, а также в филиалах ЦНИИМФ показал их высокую надежность. Поэтому рекомендуется на морских линейных ледоколах средней винт устанавливать в направляющей неподвижной насадке. Находясь в защищенном районе кормы, он будет создавать упор на 20–40% выше открытого винта.

Переменные параметры и номенклатура ледоколов XXI в. оптимизировались в условиях работы в системе «ледокол–судно». Считалось, что одно судно проводится одним ледоколом, как это характерно для зимне-весенней навигации, наиболее продолжительной по срокам в году. Ограничениями в оптимизационной задаче являлись осадка ледоколов, ширина проводимого судна, объемы грузоперевозки и ледовые условия на трассах СМП. Рассматривалась круглогодичная навигация по всему СМП. Принимались средние по тяжести ледовые условия, параметры последних приняты по разработкам специалистов ААНИИ. В качестве перспективного судна принят танкер шириной 38 м [2].

С целью обоснования номенклатуры ледоколов XXI в. рассматривались три типа-размера ледоколов, основные характеристики которых приведены в табл. 4.

В расчете приняты три схемы работы транспортно-спасательной системы:

– Карское море, где осуществляет круглогодичная навигация;

– часть трасс СМП от Карского моря до Восточно-Сибирского, поскольку мелкосидящий ледокол не сможет работать в Чукотском море в круглогодичную навигацию из-за и наличия паковых льдов высокой сплоченности;

– все трассы СМП.

В качестве целевой функции оптимизационной задачи приняты затраты, рассчитываемые по формуле [5]:

$$Z = \Delta + (K_p + E_n) K,$$

где Δ – годовые эксплуатационные расходы (без учета реновационных отчислений); K_p – норма реновации; E_n – норматив эффективности капитальных вложений.

Значение мощности установки мелкосидящего ледокола устанавливались путем оптимизации, ледопроеходимости и ширины при варьировании мощности и других характеристик ледокола.

На глубокоосидающем ледоколе также оптимизировалось сочетание «ширина – ледопроеходимость» при заданной мощности, равной удвоенной мощности ЭУ мелкосидящего ледокола.

Расчеты выполнялись на базе материала [6]. Оптимизационная задача разработана канд. техн. наук Ю.Н. Поляковым.

Расчеты показали, что оптимальная ширина мелкосидящего ледокола равна ок. 30 м, оптимальная ледопроеходимость – около 2,4 м (рис.2). При этом мощность установки на ГТУ, равная около 40 МВт, осталась на уровне мощности мелкосидящего ледокола «Тай-

Основные характеристики сравниваемых ледоколов для выбора их номенклатуры

Основные характеристики	Мощность ЭУ, кВт		
	37 000	74 000	111 000
Длина, м	133,0	142,5	148,5
Ширина, м	30,0	32,0	34,0
Осадка, м	8,1	11,0	13,2
Водоизмещение, т	19700	29000	38300
Количество эшелонов ЭУ	1	2	3
Ледопробиваемость, м	2,3	3,2	4,2
Строительная стоимость, млн. долл.	250	340	410

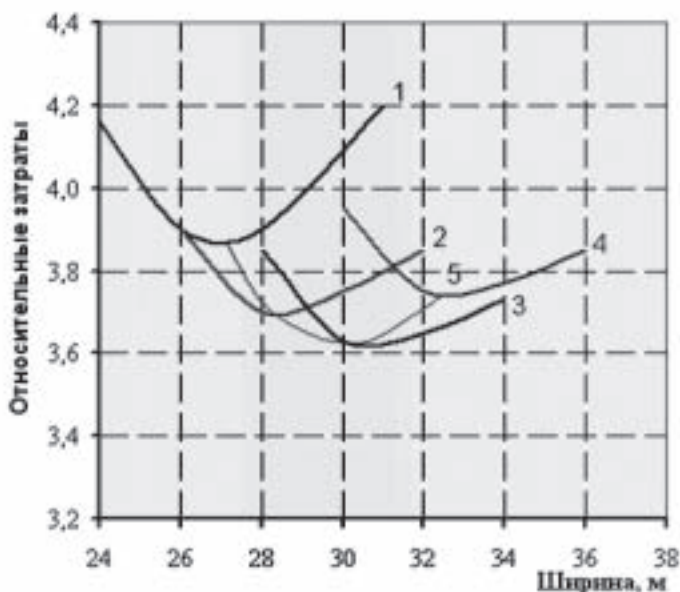


Рис.2. Зависимость расходов на систему «танкер-ледокол» от ширины и ледопробиваемости мелкосидящего ледокола
1 — $h_n = 2,0$ м; 2 — $h_n = 2,2$ м; 3 — $h_n = 2,4$ м; 4 — $h_n = 2,6$ м; 5 — огибающая по минимумам.

мыр», несмотря на увеличение ширины. Расчеты по оптимизации значений параметров глубокоосидающего ледокола позволили установить следующие их значения: ширина — 32 м, ледопробиваемость — ок. 3,2–3,4 м.

Номенклатура ледоколов однозначно определена результатами расчета затрат по приведенной выше формуле и описанным условиям выполнения исследований (рис.3).

Видно, что в Карском море минимальные затраты имеет мелкосидящий ледокол. Поскольку он имеет ширину 30 м и достаточную для этого моря ледопробиваемость (лишь несколько ниже ледопробиваемости ледоколов типа «Арктика»), можно утверждать, что круглогодичная навигация в Карском море им будет полностью обеспечена. По существу он уже сейчас выполняет эту работу, имея меньшую ширину и ледопробиваемость.

Ледокол мощностью 110 МВт имеет худшие экономические показатели по сравнению с глубокоосидающим мощностью 74 МВт даже в Чукотском море, несмотря на наличие в нем паковых льдов высокой сплоченности. Таким образом, рекомендуется следующая номенклатура атомных ледоколов XXI века и их параметры.

Мелкосидящий ледокол «Таймыр XXI»: с однореакторной ППУ типа «КЛТ 40», одним турбинным агрегатом типа «513-9» мощностью на фланце около 40 МВт и тремя гребными валами мощностью по 11,0 МВт. Другие характеристики и элементы ледокола приведены в табл. 5.

Глубокоосидающий ледокол «Арктика XXI»: с двухреакторной ППУ типа «КЛТ 40», двумя турбоагрегатами типа «513-9» по 40 МВт в одном МО и тремя гребными валами мощностью по 22 МВт. Остальные характеристики и

элементы ледокола приведены в табл. 5.

Это будут ледоколы традиционного архитектурно-конструктивного типа с удлиненным баком, средним расположением МО, кормовой взлетно-посадочной площадкой для вертолета, ангаром с жилой рубкой, оборудованной «плавающими» каютами.

Разработана улучшенная схема ледоколов четвертого поколения. Основное отличие от ледоколов предыдущих поколений состоит в наличии закрытый юта и бака, а также телескопического ангара у вертолета, образованного подвижным кожухом в кормовой части палубы бака (вертолетной площадке), с кормовыми подъемными воротами для прохода вертолета. Площадь наружных палуб сведена к минимуму для уменьшения на них объема снега и льда. Остальные детали представлены на рис. 4.

Возможно, к моменту постройки ледокола будут найдены конструк-

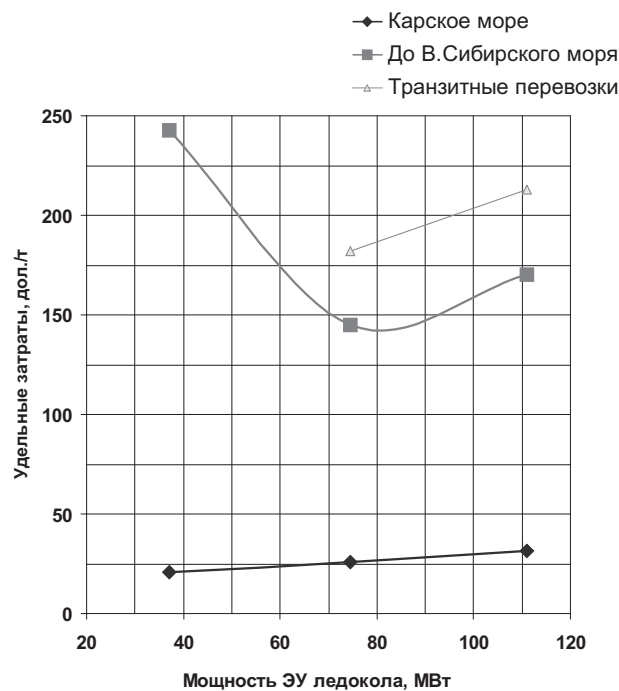


Рис.3. Зависимость затрат на перевозку грузов системой «судно-ледокол» от мощности груза

Основные характеристики ледоколов с АЭУ четвертого поколения

Основные характеристики	«Таймыр»	«Таймыр XXI»	«Арктика»	«Арктика XXI»
Длина по КВЛ, м	140,8	133,0	136,0	142,5
Ширина по КВЛ, м	28,0	30,0	28,0	32,0
Высота борта до ВП, м	15,15	15,2	17,2	17,5
Осадка, м				
- по КВЛ	8,1	8,1	11,0	11,0
- максимальная	9,0	9,0	11,4	11,4
Коэффициент общей полноты	0,56	0,57	0,546	0,546
Водоизмещение, т				
- при осадке по КВЛ	18100	18600	23460	28100
- при максимальной осадке	19050	20700	24400	29000
Номинальная мощность реактора, МВт	171	180	2 x 175	2 x 180
Мощность ЭУ номинальная на ГТГ, кВт	2x18400	40000	2x27600	2x40000
Мощность навалах, кВт	32500	3x11000	52800	3x22000
Скорость хода на чистой воде, узл.	20,0	20,0	21,0	22,0
Винты:				
- количество	3	3	3	3
- диаметр, м	5,4	5,4	5,7	6,0
Ледопроеходимость, м	2,1	2,4	2,2 - 2,4	3,0 – 3,2



Рис.4. Внешний вид атомного ледокола «Арктика XXI»

тивные решения, обеспечивающие изоляцию всей жилой рубки от корпуса с целью снижения, как вибрации, так и передачи в жилые помещения конструктивного шума, возникающего при взаимодействии корпуса и винтов со льдом.

Предложенные основные характеристики перспективных ледоколов с АЭУ позволят создать ледокольный флот с минимальными затратами, удовлетворяющий требованиям проводки судов перспективной постройки. Такие

ледоколы обеспечат надежную работу транспортного флота при круглогодичной навигации по всем трассам СМП, но при научно-оперативном обеспечении морских операций. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов Н.Н., Воробьев В.М., Голод Б.И. Танкеры ледового плавания для освоения шельфа арктических морей России. – Тр. 3-й Междуна-

родной конференции РАО-97, ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1997.

2. Цой Л.Г., Морейнис Ф.А., Глебоко Ю.В., Ариет К.К. и др. Предварительное изучение вывоза нефти на танкерах из Печорского моря. – Тр. 3-й Международной конференции РАО-97, ЦНИИ им. ак. А.Н. Крылова, 1997.
3. Климашевский С.Н. О форме корпуса универсальных ледоколов (по опыту высокоширотного плавания а/л «Сибирь»). – В сб.: Результаты первой научной экспедиции в приполюсном районе на атомном ледоколе «Сибирь». Л.: Гидрометеиздат, 1990, с. 159-163.
4. Захаров Б.Н., Петраков Е.В. Улучшение ледопроеходимости ледокола «Мудьюг» // Судостроение. – 1987. – №12. – С. 6-10.
5. Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса / Госкомитет по науке и технике АН СССР, М., 1988.
6. Titow I.A., Klimashevskiy S.N., Simonov Ju. A. Annahernde Bestimmung der Hauptcharakteristiken von Eisbrechern und Eisfahrtschiffen // Hansa. – 1997. – № 8. ■

Общие сведения о состоянии мирового флота судов для перевозки сжиженного природного газа (Liquid Natural Gas – LNG).

Природный газ – один из важнейших источников энергетического сырья, который покрывает до 25% мировой потребности в нем. Перевозки природного газа на судах целесообразны лишь в сжиженном виде, когда его объем уменьшается более чем в 600 раз. Природный газ может переводиться в сжиженное состояние лишь при чрезвычайно низкой температуре (около $-162...163^{\circ}\text{C}$) и перевозка его должна осуществляться в условиях глубокого охлаждения. Это приводит к чрезвычайно большим затратам на организацию поставок газа в страны, разделенные большими водными пространствами. Затраты связаны с подготовкой газа к морской транспортировке (строительство дорогостоящих заводов сжижения), транспортировкой на узкоспециализированных судах, оборудованных сложными дорогостоящими системами, обеспечивающими сохранение газа при крайне низких температурах, и последующей регазификацией доставленного в пункт назначения сжиженного газа. Расходы на сооружение береговых объектов при организации линии по доставке LNG могут достигать нескольких миллиардов долларов. Стоимость современного газовоза LNG вместимостью 150–155 тыс. м^3 сегодня составляет порядка 190 млн. долл. В связи с большими капиталовложениями сделки на поставку газа морским путем заключаются на 20–25 лет при жесткой привязке создаваемых судов к конкретным линиям на основе долгосрочных контрактов.

По прогнозу компании «Ocean Shipping Consultants» потребность в морских перевозках сжиженных природных газов (LNG) в ближайшие 10–15 лет будет резко расти. Со 158 млрд. м^3 LNG, перевезенных морем в 2003 г., объем перевозок к 2010 г. возрастет до 269 млрд. м^3 , а к 2020 г. – до 429 млрд. м^3 . Основными потребителями сжиженного природного газа являются восточноазиатские (70% в 2003 г.) и европейские страны (26%) и США (4%). К 2020 г. ожидается изменение географии поставок LNG. Так, доля стран Восточной Азии увеличится до 40% при абсолютном увеличении импорта LNG со 109 млрд. м^3 в 2003 г. до 181 млрд. м^3 в 2020 г., возрастет до 40% доля европейских стран, доля США вырастет до 11%, появятся новые потребители сжиженного газа – это страны Латинской Америки и Южной и Юго-Восточной Азии. Основными экспортёрами LNG являются страны Юго-Восточной Азии (Индонезия и Малайзия), страны Среднего Востока, Западная и Северная Африка, Австралия, Центральная Америка. В ка-

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (ГАЗОВОЗОВ LNG)

С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф., ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова

честве перспективного экспортёра LNG рассматривается Россия.

В связи со значительным ростом спроса в мире на LNG аналитики компании «Douglas-Westwood» считают, что в 2005–2009 гг. следует ожидать серьезных инвестиционных вливаний в производство и транспортировку сжиженного природного газа. По их мнению, сумма вложений составит не менее 67 млрд. долл., из которых 31 млрд. долл. будет инвестирован в строительство 27 заводов по сжижению газа, 14,5 млрд. долл. – в строительство 37 приемных терминалов и 21 млрд. долл. – в строительство судов. Флот газовозов LNG к 2009 г. достигнет 300 судов.

По состоянию на май 2005 г. в мировом флоте находилось 184 газовоза LNG суммарной вместимостью около 22 млн. м^3 . Из 106 газовозов LNG суммарной вместимостью более 15 млн. м^3 , находящихся на май 2005 г. в портфеле заказов, 103 имеют каждый вместимость более 130 тыс. м^3 . Как видно из приводимых цифр, мировой портфель заказов на газовозы LNG достиг почти 70% вместимости существующего флота газовозов этого типа. Такое значительное увеличение портфеля заказов на газовозы LNG вызвано не только действительным спросом на суда, но и спекулятивным ажиотажем. Известно, что строительство газовозов LNG ведется в обеспечение долгосрочных контрактов на перевозку сжиженного газа, и необходимое количество газовозов определяется оговоренными в контракте объемами перевозимого на данной линии газа. Спекулятивный ажиотаж, вызванный высокими суточными фрахтовыми ставками на перевозку сжиженного газа, превышающими 30 тыс. долл., привел к тому, что из 69 судов рассматриваемого

типа, заказы на которые были размещены в 2004 г., 25%, или 18 судов, были заказаны на страх и риск без предварительного соглашения на работу по долгосрочным контрактам, а из 19 газовозов, построенных в 2004 г., три судна не смогли получить долгосрочных контрактов.

В табл. 1 и 2 приведено распределение мирового флота газовозов по возрастным группам и вместимости, а также портфель заказов на эти суда по состоянию на май 2005 г.

Анализ портфеля заказов показывает увеличение вместимости заказываемых газовозов. Свыше 80% заказанных газовозов имеют вместимость более 138–140 тыс. м^3 – традиционной вместимости строившихся в последние годы газовозов. Сегодня заказываются газовозы вместимостью 145–155 тыс. м^3 , а также размещены заказы на четыре газовоза вместимостью 209 тыс. м^3 и четыре – вместимостью 216 тыс. м^3 .

Главные размерения газовозов и их соотношения. Основой для анализа послужили данные по газовозам последних 10 лет постройки, приведенные в энциклопедии «Fairplay» за май 2005 г., справочнике «Clarkson» по газовозам за 2002 г. и в ежегодных выпусках «Significant Ships».

Сжиженный природный газ, являясь энергетическим сырьем, перевозится партиями больших размеров. Поэтому газовозы LNG имеют большие размеры и грузоместимость.

Поскольку сжиженный природный газ перевозится в специально выделяемых изолированных емкостях, а также в связи с тем, что его удельный вес составляет всего 0,42 $\text{т}/\text{м}^3$, т.е. почти в два раза меньше удельного веса сырой нефти, газовозы LNG при одинаковых,

Распределение мирового флота газозовов типа LNG по возрастным группам и вместимости
(по состоянию на май 2005 г.)

Возраст, Число лет	< 100 тыс. м ³		100–130 тыс. м ³		> 130 тыс. м ³	
	Число судов	Вместимость, млн. м ³	Число судов	Вместимость, млн. м ³	Число судов	Вместимость, млн. м ³
0-4	2	0,00	0	0,00	52	7.20
5-9	6	0.20	1	0.13	30	4.10
10-14	3	0.20	9	1.14	9	1.21
15-19	2	0,00	4	0.51	1	0.14
20-24	0	0,00	8	1,01	5	0.66
> 25	18	1,00	16	2.02	3	0.39
неизвестно	1	0.07	0	0,00	14	2.02
Всего	32	1.48	38	4.81	114	15.73

Таблица 2

Портфель заказов на газозовы типа LNG по вместимости
(по состоянию на май 2005 г.)

Годы постройки	< 100 тыс. м ³		100–130 тыс. м ³		> 130 тыс. м ³	
	Число судов	Вместимость, млн. м ³	Число судов	Вместимость, млн. м ³	Число судов	Вместимость, млн. м ³
2005	1	0.01	0	0,00	18	2.50
2006	0	0,00	0	0,00	26	3.77
2007	1	0.01	0	0,00	36	5.54
2008/2009	1	0.01	0	0,00	23	3.69
Всего	3	0.02	0	0,00	103	15.50
% от флота		13.5		0,00		123.4

например, с танкерами главных размерений обладают существенно меньшей грузоподъемностью. Так, газозов в размерах танкера дедвейтом 150 тыс. т перевозит лишь 50–55 тыс. т сжиженного газа.

На величину главных размерений определенное влияние оказывает выбор типа танков, в которых перевозится сжиженный газ. Запатентовано большое количество типов грузовых танков газозовов LNG. Однако практическое применение в настоящее время находят лишь два из них. Это вкладные сферические танки (система Kvaerner–Moss), изготавливаемые из алюминиевых сплавов с наружной изоляцией пенополиуретаном, а также встроенные мембранные танки (система Gas Transport–Technigas), где внутренняя обшивка танка представляет собой тонкую (0,5–1,2 мм) мембрану, наложенную на слой изоляции, закрепляемой на бортах, втором дне и палубе судна.

Выполненный анализ зависимостей главных размерений газозовов от их вместимости и типа используемых грузовых танков, результаты которого приведены на рис.1–4, показал, что принятый тип грузовых танков практически не оказывает влияния на длину судна, высоту борта и осадку. Ширина же суд-

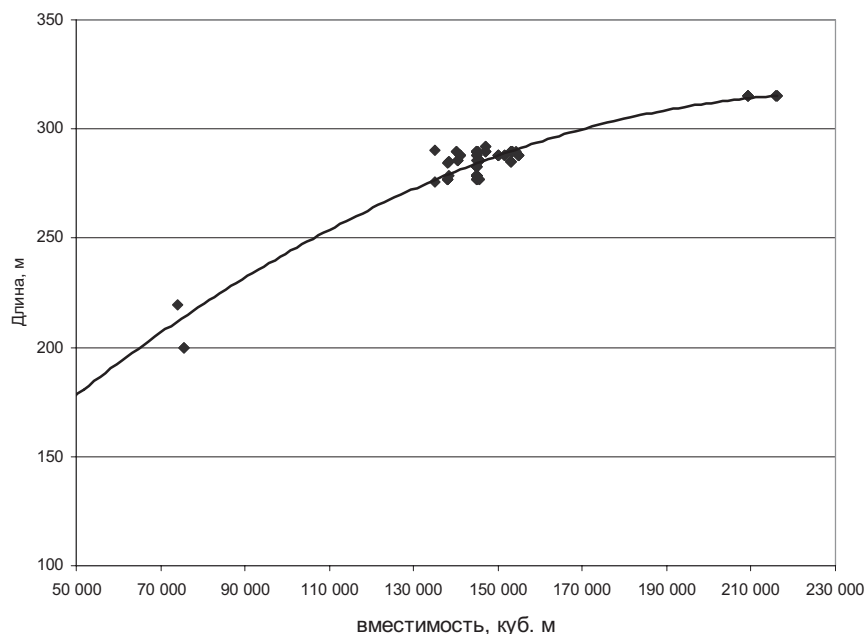


Рис.1. Зависимость длины газозовов типа LNG от их вместимости

на существенно зависит от выбранного типа грузовых танков. У газозовов со сферическими танками ширина судна примерно на 10% больше, чем у судов с мембранными танками. Объясняется это тем, что вместимость мембранных танков зависит от ширины судна в пер-

вой степени, в то время как вместимость сферического танка зависит от ширины судна в третьей степени. Отсюда стремление к максимально возможному увеличению ширины газозовов со сферическими танками.

Большая ширина газозовов со сфе-

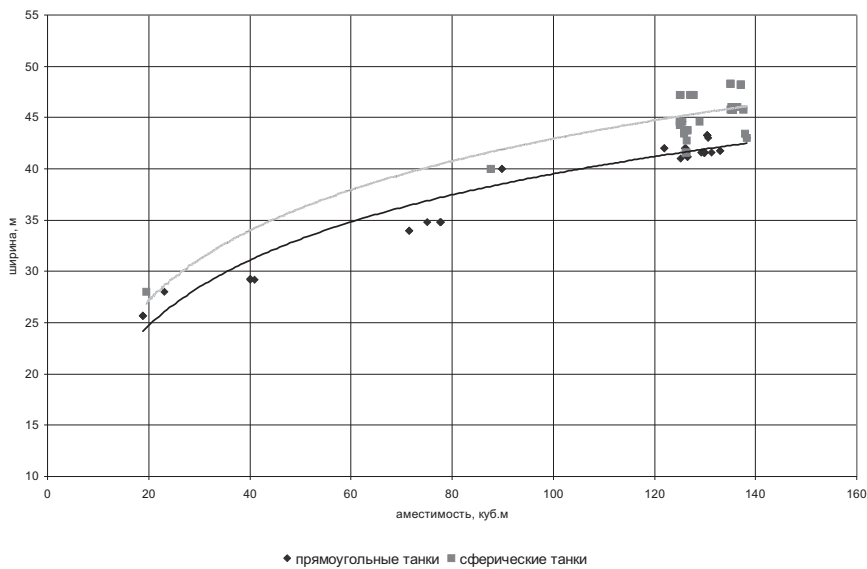


Рис.2. Зависимость ширины газозовов типа LNG от их вместимости

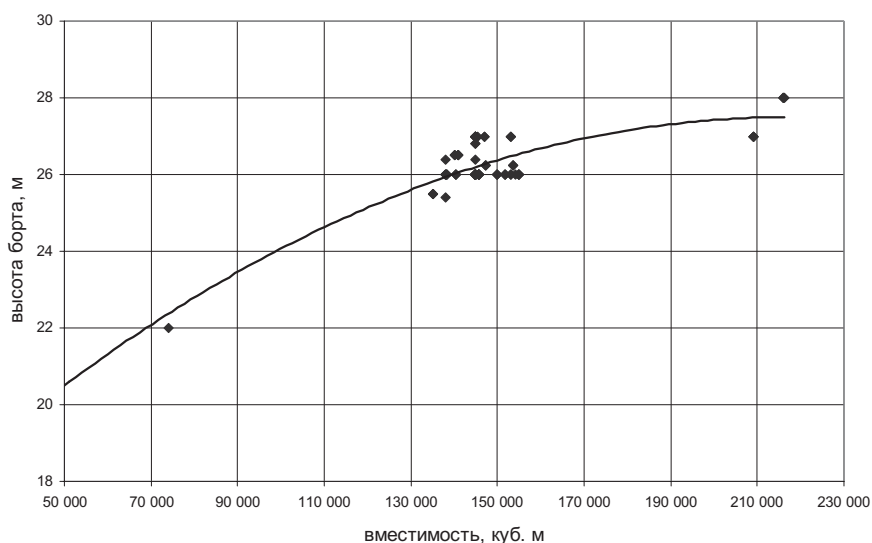


Рис.3. Зависимость высоты борта газозовов LNG от их вместимости

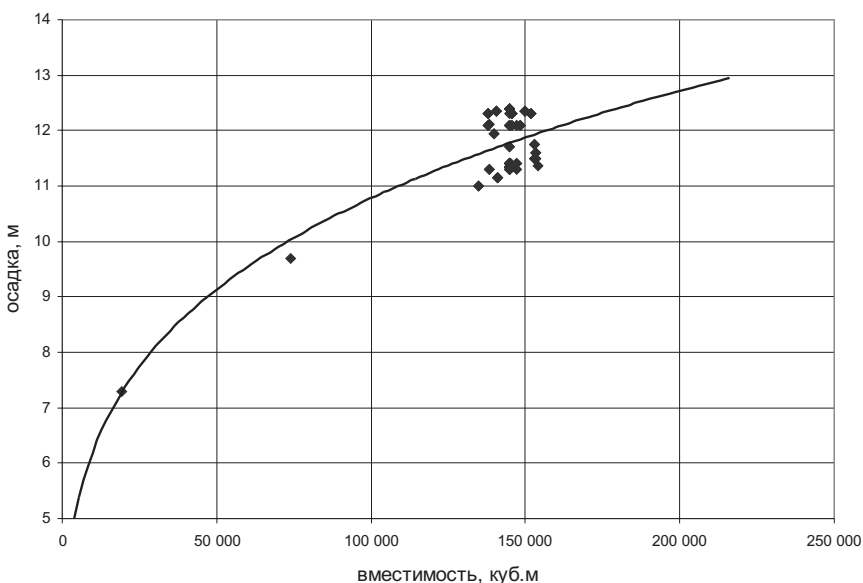


Рис.4. Зависимость осадки газозовов LNG от их вместимости

рическими танками приводит к тому, что отношение ширины к осадке у этих судов составляет 3,9–4,3, в то время как у газозовов с мембранными танками это отношение колеблется в пределах 3,5–3,9.

Отношение длины к ширине (рис.5) газозовов лежит в пределах 5,5–6,5, как у обычных танкеров. Необычным является отношение длины к высоте борта (рис.6), которое составляет у газозовов 10–11, что заметно меньше этих значений у танкеров.

Анализ пропульсивных характеристик современных газозовов.

Скорости хода газозовов LNG относительно велики и составляют 19–21 уз (рис.7). Объясняется это высокой стоимостью самих судов и перевозимого груза, а также стремлением снизить потери газа от испарения за счет сокращения продолжительности рейса. Числа Фруда, при которых эксплуатируются газозовы, лежат в довольно узких пределах от 0,19 до 0,20. Соответственно и коэффициенты общей полноты по сравнению с танкерами, эксплуатирующимися при числах Фруда 0,16–0,18, существенно меньше и принимаются обычно для газозовов со сферическими танками в пределах 0,67–0,68, а для газозовов с мембранными призматическими танками – в пределах 0,735–0,745. Принятие меньших значений коэффициентов полноты на газозовах со сферическими танками объясняется тем, что их величина практически не оказывает влияния на вместимость танков, в то время как у газозовов с мембранными призматическими танками величина коэффициента общей полноты непосредственно влияет на вместимость танков.

В первом приближении коэффициенты общей полноты газозовов LNG могут приниматься по следующим формулам:

- для газозовов с мембранными призматическими танками $\delta = 1,08 - 1,68 Fr$;
- для газозовов со сферическими танками $\delta = 1,01 - 1,68 Fr$.

Относительно низкие значения коэффициента общей полноты, обеспечивающие возможность принятия безотрывной формы кормовых обводов, а также принимаемые низкие значения оборотов винта (80–90 об/мин), что легко обеспечивается на традиционно используемых на газозовах паротурбинных установках, приводят к хорошим пропульсивным характеристикам газозовов. Адмиралтейский коэффициент у газозовов вместимостью 130–140 тыс. м³ достигает 580–700 (табл.3).

Металлоемкость и конструктивные особенности газозовов.

О металлоемкости газозовов можно судить лишь по величине коэффициента утилизации водоизмещения по дедвейту DW/D и относительноному весу судна порожнем $D_{пор}/LBH$. Для газозовов

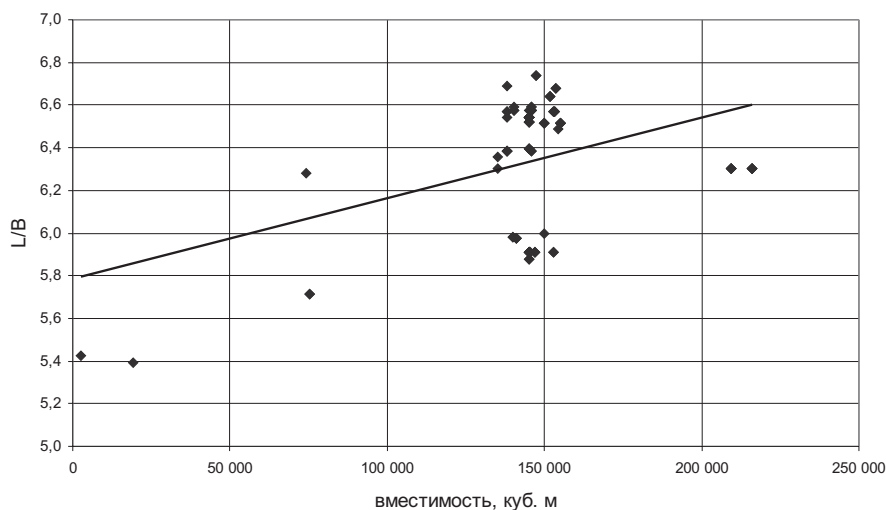


Рис.5. Зависимость отношения L/B газозовов LNG от их емкости

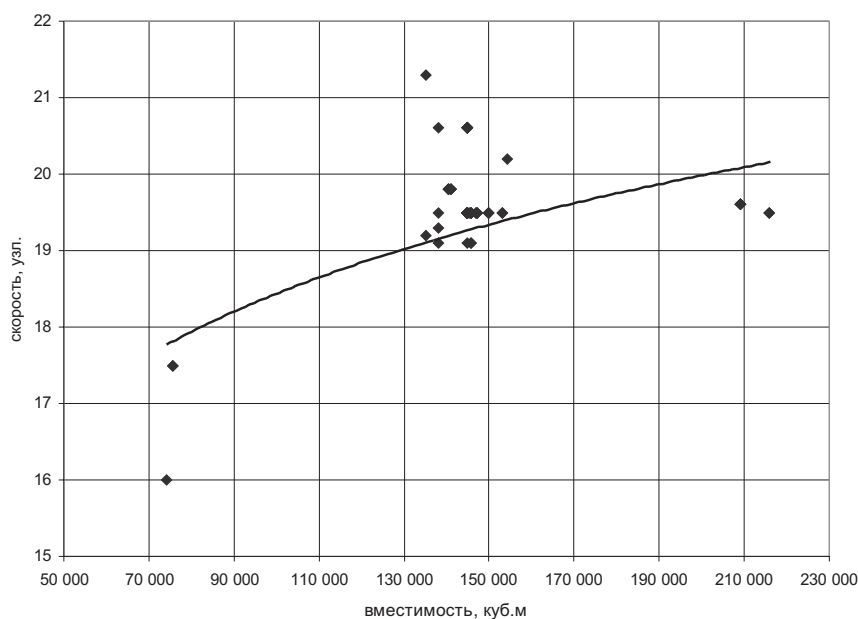


Рис.7. Зависимость скорости газозовов LNG от их емкости

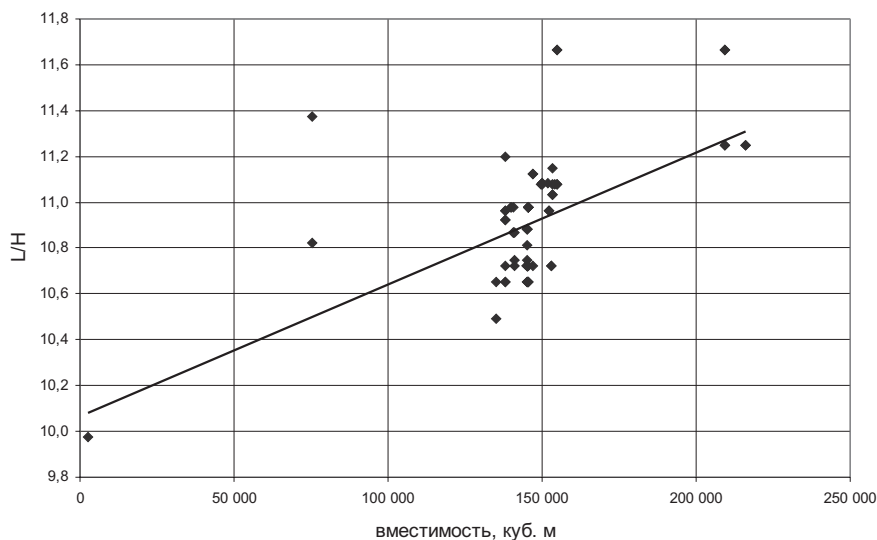


Рис.6. Зависимость отношения L/H газозовов LNG от их емкости

емкостью 130–140 тыс. м³ значения коэффициента утилизации водоизмещения по дедвейту для газозовов с мембранными призматическими танками составляет порядка 0,70, а для газозовов со сферическими танками – около 0,675. Меньшие значения коэффициента утилизации у газозовов со сферическими танками объясняется большей массой судна порожнем, вызванной значительным весом вкладных сферических цистерн. Относительный вес судна порожнем ($D_{пор}/LBH$) у газозовов с мембранными призматическими танками лежит в пределах 0,098–0,100, а у газозовов со сферическими танками составляет примерно 0,0975. При большем весе порожнем газозовов со сферическими цистернами меньшее значение относительного веса объясняется принятием большей ширины для судов со сферическими танками по сравнению с судами с мембранными танками.

Архитектурно-конструктивный тип газозовов определяется свойствами перевозимого груза и выбором типа грузовых цистерн (танков).

Сжиженные природные газы обладают рядом специфических особенностей, таких как низкая удельная масса, огнеопасность и взрывоопасность, токсичность, высокая химическая активность, большая скорость испарения и другие. С этим связан целый ряд особенностей судов-газозовов: разнообразие форм и конструкций грузовых цистерн, трудность обеспечения устойчивости из-за высокого расположения центра тяжести судна, наличие большого количества криогенного оборудования и т.д.

Перевозка газа при температуре -163°C предъявляет особые требования к конструктивному оформлению грузовых помещений и к применяемым для их изготовления материалам.

Сферические танки обычно изготавливаются из алюминиевого сплава 5083 по американскому стандарту и покрываются сплошной монолитной изоляцией из пенополиуретана, наносимой на грузовой танк методом спирального кручения. Толщина изоляции на крупных газозовах достигает 250 мм. Сферические танки непосредственно не соединяются с корпусом судна. Своей экваториальной частью они крепятся к опорным цилиндрам, устанавливаемым в трюмах судна на двойное дно. Узел соединения сферического танка с опорным цилиндром допускает свободное сжатие танка в процессе его охлаждения до температуры -163°C . Данные по весовым характеристикам сферических цистерн практически не публикуются. Имеются лишь данные о весе сферических цистерн газозова "Norman Lady", построенного в Норвегии в 1974 г. и имеющего емкость пяти грузовых танков, из-

Расчетные значения адмиралтейских коэффициентов для некоторых газозовов

Название судна	Вместимость танков, м ³	Тип грузовых танков	Водоизмещение, т	Скорость, уз	Мощность, кВт	Адмиралтейский коэффициент
«Berge Everett»	138000	призм. мемб.	99600	19,5	26985	595
«Methane Kari-Elin»	138200	призм. мемб	97685	20,1	29044	585
«British Trader»	138200	призм. мемб	97900	20,1	29000	590
«Colar Viking»	140200	призм. мемб	99500	19,7	27940	585
«LNG Rivers»	137300	сферические	101100	19,75	23160	720

готовленных из 9%-ной никелевой стали, 87600 м³. Три сферы имели диаметр 33,1 м, толщину оболочки 23 мм и толщину изоляции из полиуретана 215 мм. Вес каждой сферы с учетом изоляции составлял 830 т. Две меньших сферы диаметром 31 м весили каждая 735 т.

Мембранные грузовые танки – это емкости, образованные тонкой оболочкой, способной воспринимать только растягивающие напряжения и опирающейся на смежные корпусные конструкции. Конструкции мембранных танков обеспечивают непроницаемость своей оболочки как при деформациях, связанных с изгибом корпусных конструкций, так и при термических деформациях.

Расчетное давление паров груза в мембранных танках обычно не превышает 25 кПа.

Конструкция мембранного танка состоит из следующих последовательных слоев:

- первая мембрана (первичный барьер), непосредственно соприкасающаяся с жидким метаном;
- первый изолирующий слой (первичная изоляция);
- вторая мембрана (вторичный барьер) - идентична первой;
- второй изолирующий слой (вторичная изоляция), наложенный на внутреннюю обшивку судна.

Давление жидкости на корпус судна передается при помощи жесткой изоляции. Герметичность конструкции обеспечивается первичным барьером, а для повышения безопасности предусмотрен вторичный барьер.

Существуют мембранные грузовые танки двух типов: с гофрированными мембранами (типа «Gaz Transport and Technigaz») и с плоскостными мембранами (типа Gas Transport). Первые формируются из тонколистовой хромоникелевой стали марки SUS304L. Термические деформации такого материала компенсируются специальной гофрировкой металла мембраны. Вторые выполняются из сплава инвар (нержавеющая сталь с 36%-ным содержанием никеля). Они практически не подвержены термическим деформациям в диапазоне температур, отвечающих

условиям эксплуатации газозовов LNG.

Мембранные танки системы Gaz Transport and Technigaz могут быть трех модификаций: Мк.1, Мк. II, Мк. III. Первые две модификации имеют оболочку из гофрированной нержавеющей стали с изоляцией из пробкового дерева или бальзы и фанеры. Между слоями изоляции из пробкового дерева размещается пенопласт. В конце 80-х гг. разработана модификация мембранного танка Мк. III, которая имеет изоляцию из пенополиуретана, укрепленного стекловолокном. В качестве вторичного барьера используется триплекс, состоящий из двух слоев алюминия и слоя стеклоткани между ними. Толщина изоляции – 270 мм. Обшивка мембранного танка типа «Gaz Transport and Technigaz» обычно имеет вафельную гофрировку. Плоские участки обшивки через изоляцию прилегают ко второму дну, борту, скуловым и подпалубным цистернам и к подпалубному набору.

В мембранных танках типа Gas Transport для изготовления мембраны используется сплав инвар, обладающий чрезвычайно низким коэффициентом температурного расширения, и поэтому необходимость в конструктивных мерах по предотвращению теплового расширения и сжатия отпадает. Вторичный барьер в таких танках идентичен первичному и представляет собой плоскостную мембрану и уложенные рядами коробки из клеевой фанеры с прослойкой перлита в качестве изоляции.

Толщина листов мембраны составляет обычно 1,2 мм.

Выполненное в Японии в 1983 г. сравнительное расчетное исследование газозовов вместимостью 130 тыс. м³ с пятью сферическими и пятью призматическими мембранными танками показало, что вес одного сферического танка из алюминиевого сплава составляет 640 т, а вес его изоляции 60 т, в то время как вес мембранного танка составляет 80 т, а его изоляции 240 т.

В табл.4 приведены некоторые особенности конструкции современных газозовов LNG постройки 1994–2004 гг. Там же приведены характеристики оборудования этих судов.

Современные газозовы представля-

ют собой однопалубные суда с избыточным надводным бортом, бульбовой носовой оконечностью и транцевой кормой, с кормовым расположением МО и многоярусной жилой кормовой надстройкой. Из-за большой высоты борта на газозовах вместимостью более 100 тыс. м³ отсутствуют ют и бак. Имеется переходной мостик над грузовой палубой. Грузовое пространство разделяется либо коффердамами, либо поперечными водонепроницаемыми переборками на несколько грузовых трюмов.

Энергетические установки, грузовая система, судовые устройства и оборудование современных газозовов.

В качестве главной энергетической установки на газозовах LNG до последнего времени использовались паротурбинные установки (ПТУ), работающие как на нефтяном топливе, так и на смеси его с более экономичным испаряющимся газом. Использование испаряющегося метана нейтрализует основной недостаток ПТУ – высокий расход топлива. Использование испаряющегося газа в энергетических установках газозовов требует соблюдения особых мер предосторожности, в частности, обеспечения взрывопожаробезопасности.

В настоящее время характерной тенденцией в развитии газозовов LNG стало применение на них в качестве главных двигателей дизельных и дизель-электрических установок, использующих как газообразное, так и тяжелое топливо (dual fuel/diesel electric propulsion systems). Первым газозовом, на котором в качестве главного двигателя был применен малооборотный дизель Mitsubishi мощностью 12 357 кВт, стал построенный в Японии в 2000 г. газозов «Sunny Joy» вместимостью 78 874 м³. Дизель-электрическая установка впервые была применена на построенном в 2004 г. во Франции газозове «Gaz de France Energy» вместимостью 74 130 м³. На газозове установлены четыре среднеоборотных дизеля «Wartsila» суммарной мощностью 22 800 кВт. Компания «Wartsila» считает, что такие установки являются оптимальными для газозовов, поскольку судовладелец получает выгоду из значительной экономии затрат на топ-

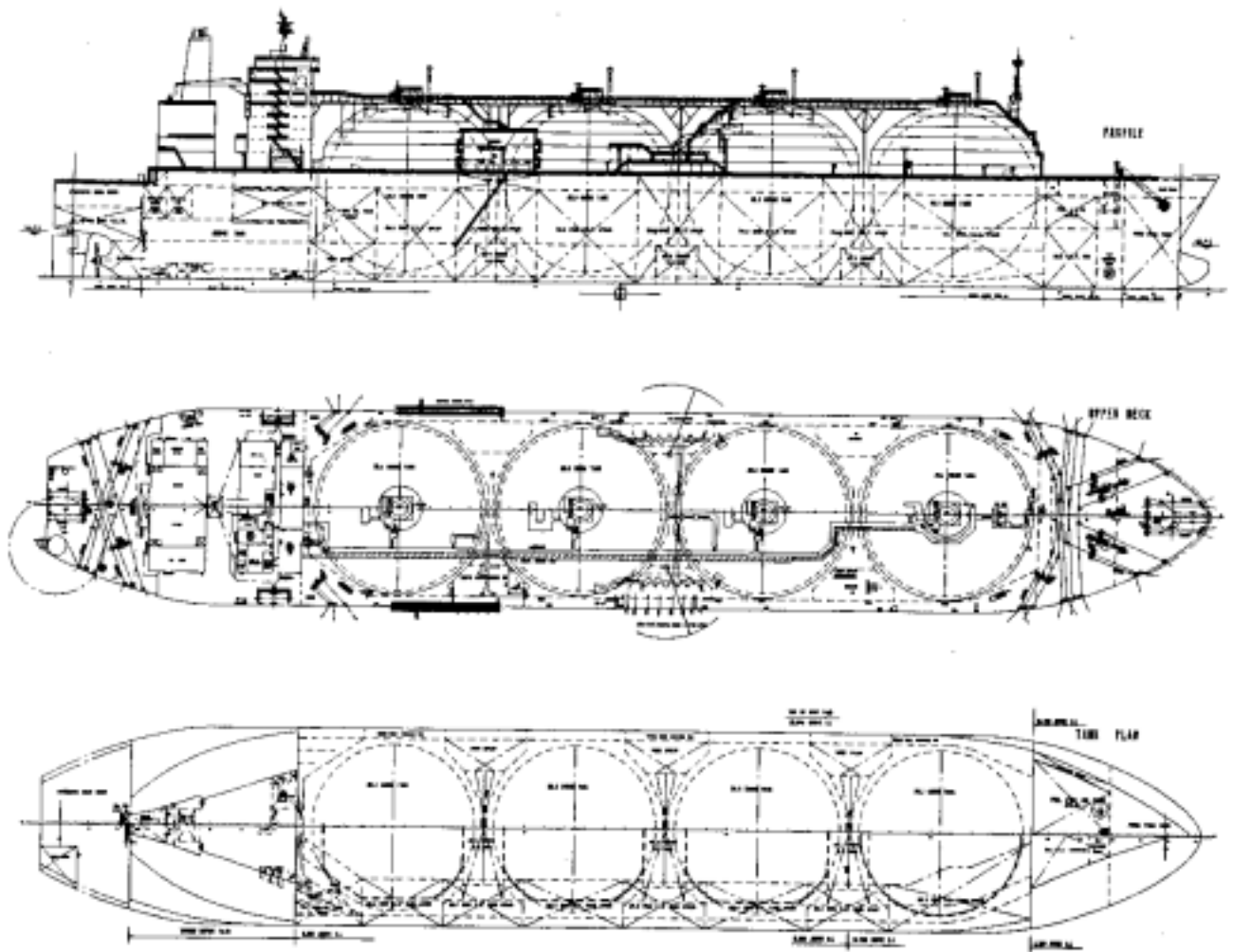


Рис.8. Схема общего расположения газовоза «LNG Rivers» со сферическими грузовыми танками

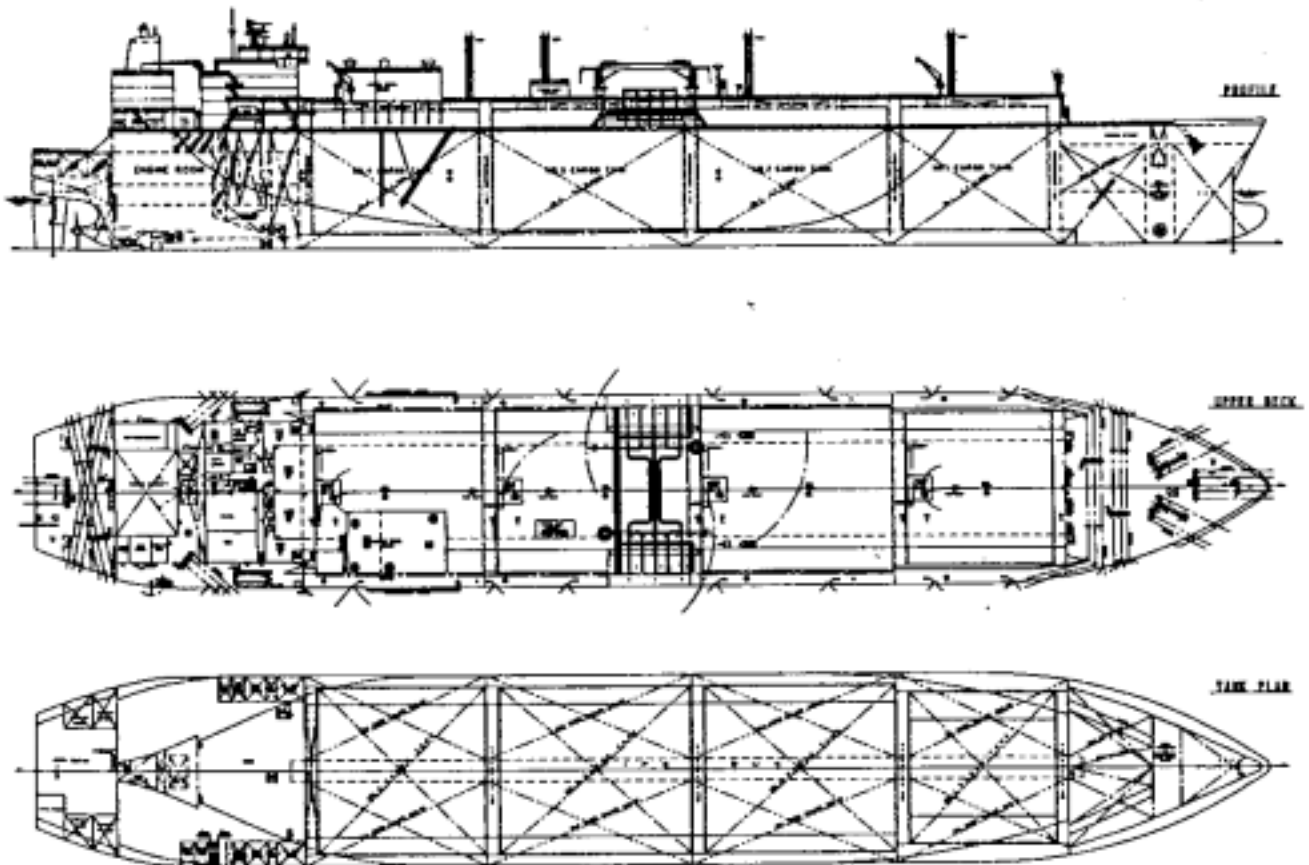


Рис.9. Схема общего расположения газовоза «Golar Viking» с мембранными грузовыми танками

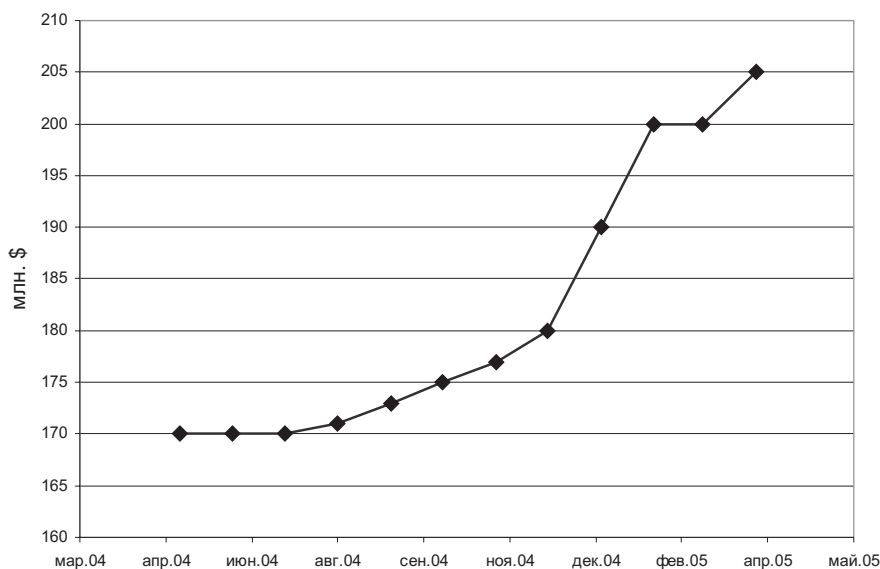


Рис.10. Динамика изменения цен на газозовы LNG вместимостью 140 тыс. м³ в 2004 г., в 2005 г. – 150 тыс. т (Источник: «Lloyds Shipping Economist»)

ливо по сравнению с паровой турбиной, и, что также важно, такие установки наиболее безопасны для окружающей среды. На май 2005 г. в портфеле заказов размещены заказы на постройку 15 газозовов с дизельными установками, четыре из которых будут иметь вместимость по 216 тыс. м³, и 9 газозовов – с дизель-электрическими, восемь из которых имеют вместимость по 155 тыс.м³.

Мощность электростанции составляет 25–35% мощности главного двигателя.

Специальные системы газозовов по аналогии с системами танкеров подразделяются на два больших комплекса: грузовой и обеспечивающий.

Грузовые системы предназначены для проведения погрузочно-разгрузочных операций и аварийной разгрузки.

Комплекс обеспечивающих систем служит для создания благоприятных условий ведения грузовых операций и соблюдения технологических режимов транспортировки сжиженного природного газа.

В комплекс грузовых систем входят непосредственно грузовая и зачистная системы и аварийная грузовая система. Грузовая система предназначена для осуществления операций погрузки и выгрузки сжиженного природного газа, зачистная служит для удаления остатков груза и его паров, а аварийная грузовая система должна обеспечить разгрузку грузовых емкостей при нештатных ситуациях, возникших в результате выхода из строя основной грузовой системы. Погрузка газозовов осуществляется обычно береговыми средствами, а выгрузка LNG – средствами судна.

В состав грузовых систем входят грузовые и зачистные насосы, компрессоры, приводы, трубопроводы LNG, конденсата и паров газа, сборные колод-

цы, путевые соединения, компенсаторы, запорные и невозвратные клапаны, предохранительные клапаны, контрольно-измерительные приборы и средства автоматики.

Ввиду особенностей физико-химических свойств сжиженных газов, их погрузка и выгрузка – представляют собой весьма сложную, ответственную и опасную операцию, в процессе которой за 8–16 часов перекачивается до 150 тыс. м³ сжиженного газа. Суммарная подача (производительность) насосов составляет примерно 8–10% грузоместимости газозова.

На судах, транспортирующих сжиженный природный газ, применяются погружные насосы. Преимуществами их являются: простота конструкции, компактность, отсутствие палубных сальников, взрывопожаробезопасность и прочее. Корпуса насосов изготавливаются из никелевой и нержавеющей сталей, алюминиевых сплавов. Современные погружные насосы отличаются большей производительностью и давлением нагнетания. Обычно производительность насосов лежит в пределах 1000–1700 м³/ч при давлении до 1,25 МПа.

Для перекачки паров газа в составе грузовых систем используются одно- и двухступенчатые компрессоры.

Балластные системы, применяемые для балластировки газозовов, мало чем отличаются от устанавливаемых на обычных судах. Особенностью их являются большие объемы балластных цистерн, разнообразие конструкций, размещение в междудонном пространстве, в двойных бортах, под палубой и т.п. Грузовые емкости использовать для приема жидкого балласта воспрещается.

Несмотря на использование даже самых современных средств теплоизоляции вследствие теплопритоков из-

вне перевозимые сжиженные газы постоянно испаряются, создавая повышенное давление в грузовых емкостях. Объем испарившегося сжиженного газа обычно составляет 0,15% в сутки от всего объема груза. Испаряющийся газ отводится из купола цистерны через специальную систему и используется в энергетической установке судна в качестве добавки к основному топливу.

В последние годы в связи с возрастающими ценами на газ для предупреждения потерь груза от испарения газозовы LNG оборудуются системами повторного сжижения газа, несмотря на связанные с этим большие энергозатраты (на сжижение 1 кг метана затрачивается 0,735 кВт энергии), относительную сложность применяемого оборудования и значительную первоначальную стоимость таких систем. Судовые системы повторного сжижения газа представляют собой универсальное и эффективное техническое средство регулирования параметров перевозимого LNG. Они обеспечивают надежную и безопасную эксплуатацию газозовов и предотвращают загрязнение окружающей среды газом.

Практически на всех судах устанавливается носовое подруливающее устройство (НПУ). Мощность его зависит от дедвейта судна.

Новым направлением в создании газозовов LNG является оборудование их установками регазификации. Первое судно – газозов «Excelsior» вместимостью 138 000 м³, оборудованный установкой регазификации (LNGRV), было сдано в ноябре 2004 г. Заказала его бельгийская корпорация «Exmar» в Южной Корее. Бельгийцы заказали пока три таких судна. Второе судно сдано в апреле 2005 г.

Судно имеет мембранную конструкцию танков и оборудование для регазификации Energy Bridge TM фирмы «Excelerate Energy». Это новое оборудование позволяет стандартному газозову LNG выполнить процесс регазификации на судне. Газ с судна выгружается через трубопровод в подводный газовод. Контрактная цена на заказанное судно – 150 млн. долл. США.

О перспективности применения систем регазификации на газозовах говорит тот факт, что среди 37 планируемых к созданию до 2009 г. приемных терминалов восемь терминалов предполагается создать на шельфе.

Стоимость постройки газозовов. На рис.10 показано изменение цены на газозовы вместимостью 140 тыс. м³. Как видно из рисунка, цены на газозовы в течение 2004 г. неуклонно росли, причем особенно стремительно в начале 2005 г. ■

«ЭГО Транслейтинг» – крупнейшая переводческая компания в России. В этом году она подводит итоги своей 15-летней деятельности. Комментарий дает **Анатолий Антонович Городянко, помощник начальника Центрального морского конструкторского бюро «Алмаз».**

У НАС ДОЛГАЯ ИСТОРИЯ

Как КБ «Алмаз» мы работаем с 1949 г. и являемся наследниками проектных довоенных организаций СССР. До 1997 г. нашей специализацией были скоростные военные катера и малые корабли. И вот 10 лет назад у нас начались серьезные взаимодействия с международными организациями и с зарубежными предприятиями. Мы заключили очень важный, прорывной контракт в истории отечественного судостроения.

То, что мы сделали, – это была первая поставка военной техники России в страну НАТО – в Грецию. Она закупила самые крупные в мире корабли на воздушной подушке «Зубр», построенные по нашему проекту. Это было событие всемирного значения, потому что до этого момента Россия в страны НАТО не поставляла ничего – никакой военной техники.

СЛОЖНО И СРОЧНО

После столь знакового события все стало меняться. Естественно, компания «ЭГО Транслейтинг» в этом переводе сыграла немаловажную роль, предоставив в нужный момент профессиональное языковое сопровождение всех новых проектов.

Нам нужно было обеспечить этот первый корабль технической документацией на английском языке. «ЭГО Транслейтинг» пришлось работать в непростых условиях: во-первых, было сложно технически – сами документы были достаточно трудными. Дело в том, что тематика, к которой относится воздушная подушка, находится на стыке авиации и судостроения. Поэтому получается очень сложный глоссарий по многим вопросам – смешанная терминологическая база. Во-вторых, мы были ограничены во времени. С этим компания «ЭГО Транслейтинг» с честью справилась.



Десантный корабль на воздушной подушке проекта 12322 «Зубр»

ПЕРЕВОДЧЕСКАЯ ГАВАНЬ

А. А. Городянко, помощник начальника ЦМКБ «Алмаз»



НА ВСЕ ЯЗЫКИ

«ЭГО Транслейтинг» – «мастер на все руки», если можно так сказать про переводчиков. Или «на все языки». Мы привлекали и привлекаем специалистов этой фирмы к работе над нашими новыми контрактами, связанными с Республикой Корея. И к первому в истории международного сотрудничества освоению лицензионного проекта патрульного природоохранного судна, сделанного немецкой компанией «Abeking und Rasmussen». Иногда к нам приходили объемные документы на арабском, и «ЭГО Транслейтинг» их переводила. Был французский язык – когда мы занимались Гвинеей и в 1997–1999 гг., когда мы ремонтировали два алжирских ракетных корвета «Овод». Ну, понятное дело, не алжирских, а наших – тех, которые СССР много лет назад в Алжир продал. Теперь пришло время провести их ремонт и модернизацию. Переводили документацию на французский, хотя на верхнем уровне управления в Алжире русский язык еще помнят – у нас же все учились.

«ЭГО Транслейтинг» привлекалась нами и при проведении международных переговоров. Мы им доверяем, и не только мы: «ЭГО Транслейтинг» обслуживает и правительство города.

Мы сотрудничаем с «ЭГО Транслейтинг» уже 10 лет, как раз с тех самых пор, когда в этой компании ввели программу, направленную на сотрудничество с отечественными промышленными предприятиями, работающими в области судостроения. За это время ЦМКБ «Алмаз» убедилось в их надежности и профессионализме. **Для нас это очень важный показатель: мы делаем военную технику, и у нас нет права на ошибку.**

Россия, 191023, Санкт-Петербург,
Мучной переулок, дом 2,
Тел. +7(812) 310 1288, факс +7(812)113 4713
manager@translating.spb.ru; www.translating.spb.ru



АЛМАЗ

Центральное Морское
Конструкторское Бюро



E-mail: office@almaz-kb.sp.ru,
<http://www.almaz.info>

Объектами анализа являются свыше 90 высокоскоростных судов (ВСС), которые подразделены на три группы по типу несущей платформы: скеговые СВП (СВПс), катамараны, однокорпусные суда трех назначений: пассажирские ВСС, грузовые ВСС и скоростные пассажирско-автомобильные паромы. Исключение составляют некоторые ВСС специального назначения: экспериментальные (СВПс «SES-100А», «Стрепет»), патрульные и сторожевые («Мираж», «Мангуст» и др.), представленные для того, чтобы восполнить пробел в данных анализа с большими числами Фруда.

Цель исследования – сравнить такие важнейшие проектные и эксплуатационные характеристики, как водоизмещение, дедвейт, полезная грузоподъемность, скорость, энергооборуженность и др., на базе построенных судов или разработанных проектов ВСС, которые могут быть использованы при разработке новых проектов ВСС для сравнения их технического уровня с лучшими образцами и расчетов экономических показателей эксплуатации.

Исходные данные по проектам зарубежных ВСС, используемые для анализа, взяты в специализированных справочных и информационных изданиях [1–3]; данные по проектам этих судов ФГУП ЦМКБ «Алмаз» принимались на основании публикаций в отечественной литературе [4, 5] или информационных материалов, представленных на тематических выставках.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА

Публикуемые в различных источниках технические данные ВСС различаются по номенклатуре и полноте. Для одних судов детально представлена структура дедвейта (состав полезного груза, топливо, масло, вода, снабжение и т. д.), но не указывается полное водоизмещение; для других – приводятся водоизмещение и варианты полезного груза, но без указания его массы и других составляющих дедвейта, так что получить замкнутое уравнение масс непосредственно не представляется возможным. Данные о скорости хода в ряде случаев содержат элемент неопределенности: некоторые источники, сообщая скорость, не указывают водоизмещение судна и величину фактически используемой мощности двигателей. Практически ни по одному новому судну не публикуются теоретические чертежи или их фрагменты, иллюстрирующие характерные особенности формы корпуса, а фотографии с видом корпусов на стапеле публикуются в ракурсе, не позволяющем точно воспроизвести форму и геометрию конструкции. Это далеко не полное перечисление тех приемов, которые фирмы-проектанты и строители ВСС используют для защиты «ноу-хау» при рекламировании своей продукции.

В связи с этим все данные о судах, полученные из различных источников, рассматриваются как случайные величины, к которым для выявления закономерностей применяются статистические методы осреднения, сглаживания, экстраполяции и т. д.

Рассмотрим на конкретных примерах методы определения некоторых технико-эксплуатационных характеристик (ТЭХ).

ОБОБЩЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

А.В. Абрамовский, аспирант СПб ГМТУ

1. Водоизмещение, дедвейт, полезная нагрузка

Из всей совокупности ВСС одного типа делалась выборка тех из них, для которых имелись достаточно полные данные о составе и дедвейте D_w , полезной нагрузке G_n и одному из видов водоизмещения (порожном D , нормальном D_n , полное D_n). По этой выборке определялись соотношения между перечисленными характеристиками, которые оказались в пределах: $D_w/D_n < 0,24 \div 0,37$; $G_n/D_w < 0,73 \div 0,85$. Для остальных ВСС, не имевших полного набора данных, принимались средние значения $D_w/D_n = 0,3$ и $G_n/D_w = 0,8$, с помощью которых определялись недостающие характеристики.

2. Скорость, мощность, сопротивление движению

Для всех ВСС, приведенных в табл. 1–3, указывалась максимальная скорость v_{max} при полном водоизмещении D_n и максимальной мощности ГЭУ N_x . Как отмечено выше, в тех случаях, когда нет точных сведений об условиях нагрузки судна и используемой мощности, возможны ошибки в определении тех характеристик, которые находятся через эти параметры, например, коэффициента сопротивления. Для его расчета использовалась известная формула

$$N_x = \frac{R \cdot v_{max}}{75\eta}, \text{ л.с.} \quad (1)$$

Переходя к мощности в киловаттах (1 л.с. = 0,736 кВт), скорости в узлах ($v_{max} \text{ м/с} = 0,515 v_{max} \text{ уз}$) и вводя коэффициент сопротивления $\epsilon = R/D_n$, получаем формулу для расчета коэффициента сопротивления ВСС:

$$\epsilon = 0,198 \frac{N_x \cdot \eta}{v_{max} \cdot D_n} \quad (2)$$

Необходимо отметить, что в большинстве случаев значения КПД движителя не входят в число данных, сообщаемых в числе общепроектных характеристик судна, поэтому для оценки коэффициента сопротивления по (2) использовались обобщенные зависимости КПД от скорости для каждого типа движителя. В частности, для оценки КПД водометных движителей (ВД оборудовано около 90% ВСС, рассмотренных здесь) применялся эмпирический график Свенсона [3], построенный по данным нескольких десятков натуральных ВСС, оснащенных водометами фирмы «KaMeWa» (рис.1).

$$\zeta_D = \frac{R \times V_S}{P_D}$$

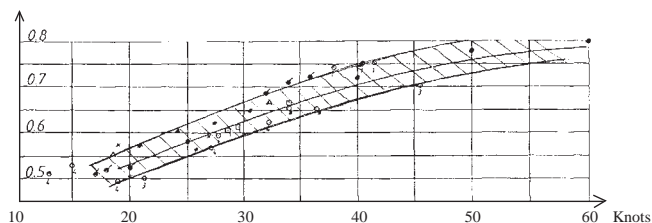


Рис.1. Зависимость КПД от скорости судна

3. Анализ характеристик судов, не имеющих аналогов

Наиболее сложными для анализа проектных характеристик являются суда, не имеющие аналогов, по которым при большом объеме информации рекламного характера сообщается минимум проектных данных. Типичный пример – построенные в 1996 г. для компании «Stena Line» судовой верфью «Finnyards» два скоростных пассажирско-автомобильных парома «Stena 1500 HSS» (рис.2) [1].



Рис.2. Пассажирский катамаран «Stena 1500 HSS» (№ 8, табл. 2)

В этом проекте были успешно реализованы многие технические решения, которые зарубежные эксперты называют революционными, например, создание корпуса катамаранной формы из легкого сплава длиной 126 м, шириной 40 м и высотой около 27 м уникально с точки зрения прочности, технологии сборки и сварки.

Бортовые корпуса (скеги) высотой около 10 м имеют сужение в районе ходовой ватерлинии; шпангоутные сечения подводной части скегов имеют форму эллипсов, радиус которых уменьшается от кормы к носу, что в сочетании с удлинением скега по ватерлинии, равном 27, обеспечивает минимальное сопротивление на тихой воде и минимальную потерю скорости на волнении (на волнении с максимальной высотой до 6 м судно двигалось со скоростью 38 уз, что составляет 95% эксплуатационной скорости).

Для нас наибольший интерес представляли гидродинамические характеристики судна и их соответствие скорости и мощности. Основная трудность состояла в том, что воспользоваться непосредственно формулой (2) невозможно, поскольку ни в одном из источников не сообщалось водоизмещение. Попытка оценить его через дедвейт не привела к успеху, поскольку различные варианты загрузки (пассажиры, легковые автомобили, автобусы, трейлеры с прицепами) дают значения дедвейта от 1000 до 2500 т и, соответственно, разброс водоизмещения от 3000 до 7000 т. Поэтому была сделана попытка рассчитать объемное водоизмещение, используя известные данные о длине скега по ватерлинии и осадке, однако для этого необходимо было знать, хотя бы приближенно, коэффи-

циенты, характеризующие форму подводной части скега. С этой целью был проведен реконструктивный анализ фотографий секций судна на стапеле (рис.3, 4).



Рис.3. Вид кормы «Stena 1500 HSS»

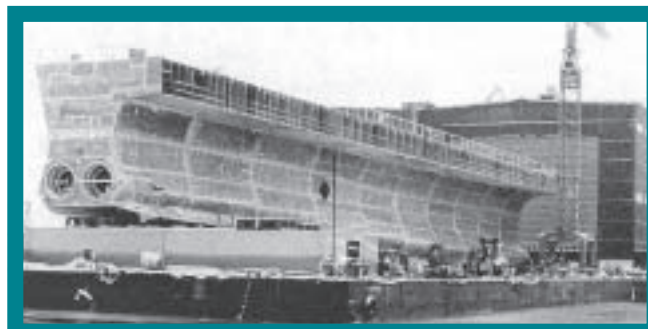


Рис.4. Бортовая секция «Stena 1500 HSS»

Метод технической реконструкции широко используется специалистами разных стран для извлечения из открытых публикаций данных по ТТХ боевых кораблей вероятного противника или отдельным видам их вооружения. В данном случае опорным размером для определения масштаба послужил диаметр выходного сопла ВД 160S, известного по каталогам фирмы «KaMeWa» (см. рис.3). Поскольку в нижней части каждого скега размещаются два таких двигателя и известна величина монтажных зазоров, определились приближенные размеры нижней части скега в корме судна.

В результате удалось воссоздать эскиз подводной части скега, использованный для последующих расчетов плавучести и сопротивления движению (рис.5).

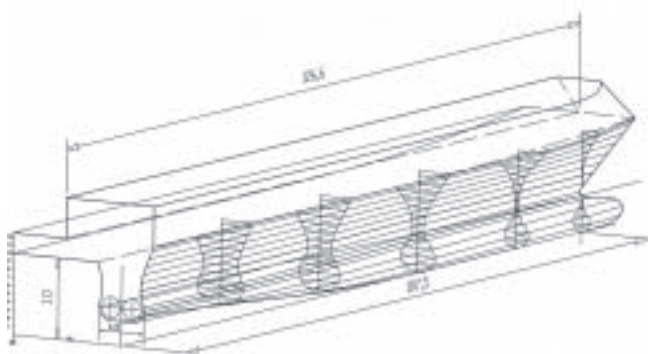


Рис.5. Реконструкция теоретического чертежа «Stena 1500 HSS»



МОРЯНОТ

КОНЦЕРН



**СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ,
ОЧИСТКА И ОКРАСКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
НЕФТЯНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ И ТРУБОПРОВОДЫ,
ЭКСПЕДИРОВАНИЕ, АГЕНТИРОВАНИЕ, ДЕКЛАРИРОВАНИЕ ГРУЗОВ,
ИНВЕСТИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ, ФИНАНСОВЫЕ УСЛУГИ**

**Россия, 195009, Санкт-Петербург, Лесной пр., 19/21 лит. Б
Тел.: +7 (812) 542 80 63, 542 27 98; Факс: +7 (812) 542 34 37
E-mail: mmf@spb.cityline.ru**



СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ»



Сторожевой катер проекта 10412 «Светляк»



Представительская яхта Президента России «Кавказ»



Десантный корабль на воздушной подушке проекта 12322 «Зубр»



Многоцелевой катер на воздушной подушке «Рысь»



Лоцманское судно проекта AP-1600

Россия, 197110, С.-Петербург,
Петровский пр., 26

Тел. 812 350 11 64
Факс 812 350 11 64

e-mail: market@almaz.spb.ru
www.almaz.spb.ru

Расчет сопротивления движению был выполнен по методике, изложенной в [6], в предположении отсутствия взаимного влияния скегов. Как следует из исследования [5], такое предположение допустимо, поскольку параметры катамарана «Stena 1500 HSS», определяющие взаимодействие корпусов (относительное удлинение скега $i = L_{ск} / (\omega_{ск})^{1/3} = 8$; относительный горизонтальный клиренс $C_L = C / L_{ск} = 0,29$) обеспечивают либо отсутствие, либо благоприятное взаимодействие корпусов (коэффициент взаимодействия $K_c = R_0 / R_{0c} \geq 1$).

В результате расчетов элементов теоретического чертежа были получены значения площади смоченной поверхности скегов (3465 м²) и объемного водоизмещения (4400 м³), что с учетом солёности даёт водоизмещение около 4500 т. Для проверки этих результатов, полученных с помощью метода технической реконструкции, были непосредственно рассчитаны сопротивление движению и требуемая мощность для достижения максимальной скорости, а затем полученные данные сравнивались с фактической мощностью ГЭУ, установленной на судне.

Согласно расчету, полное сопротивление движению катамарана на скорости 43 уз составило 279,5 т (2742 кН), а требуемая мощность – 113 000 л.с. (83,1 МВт); фактическая установленная мощность ГЭУ составляет 106 080 л.с. (78 МВт). Расхождение составляет около 6%, что, учитывая неизбежные погрешности в определении исходных данных, позволяет сделать вывод о приемлемости полученных результатов для целей данного анализа. Представляет интерес полученное в расчете соотношение составляющих полного сопротивления:

- вязкостное (сопротивление трения + сопротивление формы) – 61,5%;
- волновое – 23,4 %;
- выступающих частей (включая водозаборы ВД, сварные швы и т.д.) – 12,8%;
- аэродинамическое сопротивление – 2,3 %.

Обобщенные данные по ТЭХ СВПС, катамаранов и однокорпусных ВСС приведены в табл. 1, 2 и 3 соответственно, где $L \times B$ – длина/ширина максимальные, м; $D_{п}$ – полное водоизмещение, т; D_w , $G_{п}$ – дедвейт и полезная нагрузка, т; ω_{max} – максимальная скорость, уз; Fr_D , Fr_l – числа Фруда по водоизмещению и длине; N_x , $N_{п}$, N_{Σ} – мощность энергоустановки: на движение, на воздушную подушку, полная, кВт; ϵ – коэффициент сопротивления (обратное гидродинамическое качество); η – коэффициент полезного действия движителя.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ

3.1. Коэффициент сопротивления движению ВСС

По данным табл. 1–3 с помощью (2) рассчитывались значения коэффициента сопротивления ϵ для каждого типа ВСС и строились их графики в зависимости от числа Фруда по водоизмещению Fr_D . Применяемая для обработки компьютерная программа «Microsoft Excel» позволяет воспользоваться для аппроксимации зависимости $\epsilon = f(Fr_D)$ линейную, логарифмическую, степенную, экспоненциальную и другие виды функций; в данном случае была выбрана экспоненциальная. Графики зависимости $\epsilon = f(Fr_D)$ приведены на рис. 6–10.

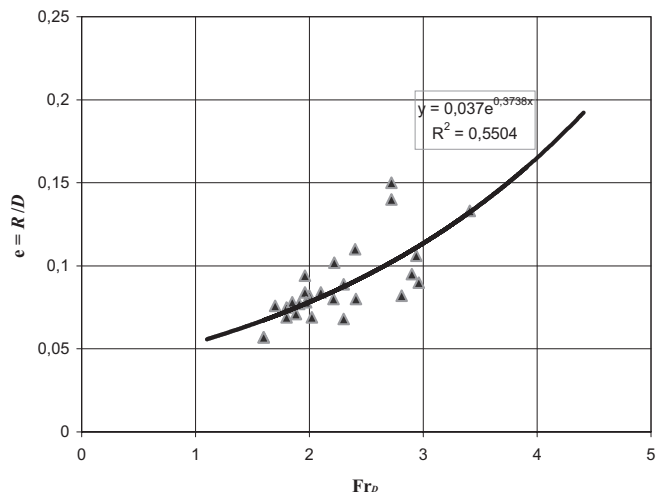


Рис. 6. Зависимость коэффициента сопротивления катамаранов от числа Фруда по водоизмещению

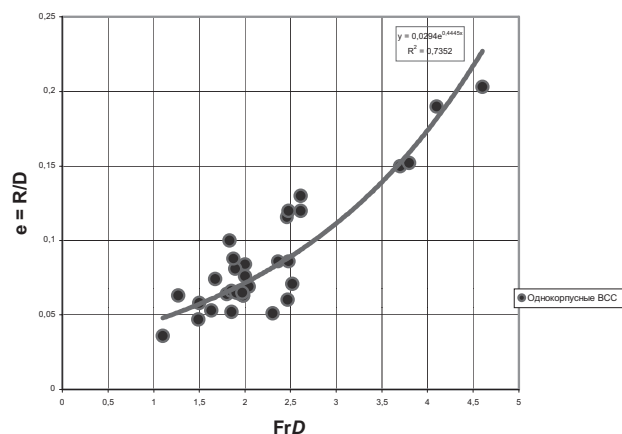


Рис. 7. Зависимость коэффициента сопротивления однокорпусных ВСС от числа Фруда по водоизмещению

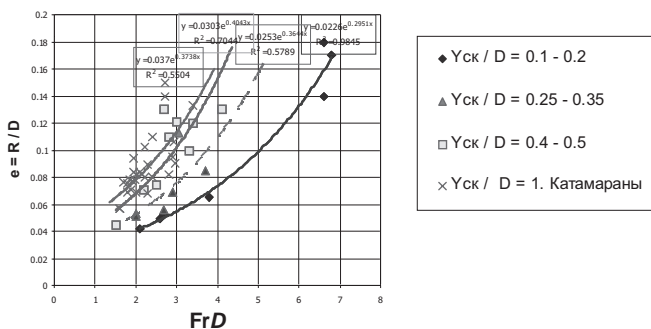


Рис. 8. Зависимость коэффициента сопротивления скеговых СВПС от числа Фруда по водоизмещению

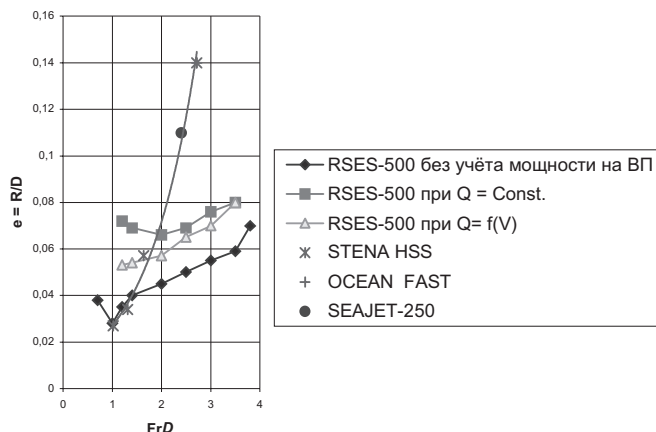


Рис. 9. Сравнение относительного сопротивления СВПС и катамаранов

Таблица 1

Технико-эксплуатационные характеристики СВПС

№	Название	Страна	LxB, м	D _п , т	D _в , т	G _п , т	v _{max} , уз	Fr _D	N _x /N _п , кВт	N _Σ , кВт	D _в *v _{max} , уз	ε	η	Y _c /D _п	N _Σ /D _п , кВт/т	Число пасс./ автом.
1	«Cirrus-120P»	Норвегия	35x 11,5	120	36	30	50	3,7	3380/ 650	4030	1800	0,085	0,76	0,3	33,6	320/-
2	«Cirrus-200P»	Норвегия	60,5x 17,8	500	150	123	55	2,6	8820/ 1470	10290	8250	0,049	0,77	0,2	20,6	364/- 56
...																
20	«Бора»	Россия	64x 17	1050	350	*	50	2,6	44120/ 2940	47060	17500	0,13	*	0,45	44,8	*
...																
27	«Hisho» (MHI)	Япония	70x 18,6	700	200	150	54	3,0	24000/ 6000	30000	10800	0,121	0,77	0,35	42,9	500/ 75
28	«Semo»	Южн. Корея	40x 11,6	130	38	35	50	3,7	3900/ 1080	5080	1900	0,116	0,75	0,25	39,1	350

Таблица 2

Технико-эксплуатационные характеристики катамаранов

№	Название (фирма)	Страна	LxB, м	D _п , т	D _в , т	G _п , т	v _{max} , туз	Fr _D	Fr ₁	N _x , кВт	D _в *v _м , уз	ε	η	N _Σ /D _п , кВт/т	Число пасса- жиров	Число Автомо- билей
1	«74m WPC»	Австралия	74x 26	650	200	160	37	2,1	0,77	15000	7400	0,084	0,68	23,1	450	84
...																
8	«Stena HSS 1500»	Швец. Финл.	126x 40	4500	1600	1200	43	1,6	0,69	78000	68800	0,057	0,72	17,3	1500	375
...																
20	«Bazan»	Испания	77,3x 19,5	700	200	150	53	2,92	1,08	28000	10600	0,113	0,76	40	450	52
...																
26	«Spirit of Ontario»	Австралия	86,6x 23,8	1600	470	370	47	2,3	0,83	32800	22090	0,064	0,74	20,5		

Технико-эксплуатационные характеристики однокорпусных ВСС

№	Название (фирма)	Страна	LxB, м	D _п , т	D _в , т	Gп, т	v _{max} , уз	Fr _D	Fr _Г	N _х , кВт	D _в *v _{max} , уз	ε	η	N _Σ /D _п , кВт/т	Число пассажиров	Число Автомобилей
1	«Almundaina» (Bazan)	Испания	96,2x14,6	950	280	200	38	2,0	0,69	22600	10640	0,084	0,68	27,8	450	84
2	«SilviaAnn» (Bazan)	Испания	125x18,7	2000	650	450	40	1,8	0,60	38000	26000	0,064	0,70	19,0	1250	250
3	«MDV1200» Fincantieri	Италия	95x16	1300	400	300	40	1,98	0,73	24000	16000	0,063	0,70	18,0	600	170
...																
9	«MDV 3000» Fincantieri	Италия	145,6x22	4000	1200	1000	45	1,85	0,59	68000	54000	0,052	0,71	17,0	1800	450
10	Flying Cat	Норвегия	59x16	450	150	120	33	1,96	0,77	10800	4950	0,094	0,65	24,0	450	52
...																
20	«Fast Ship»	США	265x40	24600	15000	9200	40	1,1	0,43	250000	600000	0,036	0,70	10,2	-	1432 TEU
21	«Corsaire 12000» (Leroux)	Франция	119x15,7	1700	500	400	40	1,9	0,60	32400	20000	0,065	0,70	19,0	1000	210
22	Corsaire 14000 (Leroux)	Франция	140x21,8	4300	1300	870	40	1,63	0,56	66200	52000	0,053	0,70	15,4	1800	450
23	«EHSCV IZAR»	Испания	166x27	7400	3000	2400	40	1,49	0,51	100000	120000	0,047	0,70	13,5	-	80 трейлеров
...																
32	«Мангуст» (Алмаз)	Россия	18,7x4,1	29			50	4,6	1,90	1980		0,200	0,75	68,3	Патрульный	
33	«Мираж» (Алмаз)	Россия	35,4x6,6	121			50	3,7	1,38	7060		0,150	0,65	58,3	Патрульный	
34	«Соболь» (Алмаз)	Россия	27x5,8	57			50	4,2	1,58	2680		0,120	0,65	47,0	Патрульный	
35	«Octopussy»	Голландия	39,9x8,2	140			53	3,8	1,38	7500		0,152	0,76	53,6	Яхта	
36	«МПК» (Алмаз)	Россия	30,9x5,2	84			53	4,1	1,57	5600		0,189	0,76	66,7	Патрульный	

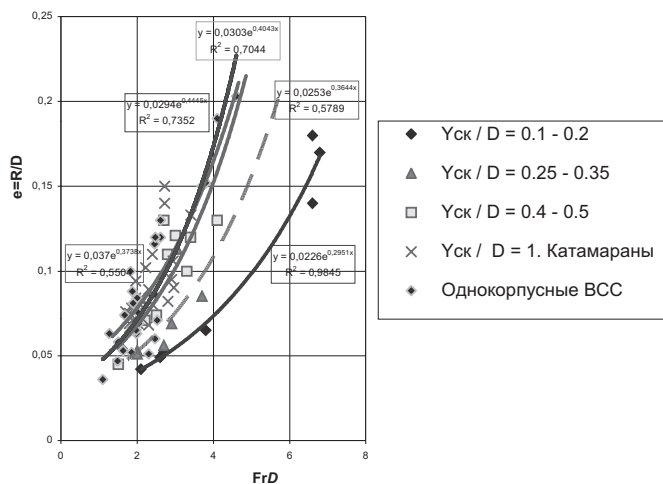


Рис.10. Зависимость коэффициента сопротивления ВСС различных типов от числа Фруда по водоизмещению.

ВЫВОДЫ

Катамараны. Из табл. 2 и рис. 6 можно заключить, что основная группа рассмотренных катамаранов располагается в диапазоне $1,5 \leq Fr_D \leq 3$.

Самый низкий коэффициент сопротивления $\epsilon = 0,057$ (или самое высокое гидродинамическое качество $K = 1/\epsilon = 17,5$) имеет шведский катамаран финской постройки «Stena 1500 HSS» при водоизмещении около 4500 т и скорости 43 уз. Самым скоростным из рассмотренных является 77-метровый катамаран испанской фирмы «Bazan», имеющий скорость 53 уз.



Рис.11. Катамаран «Spirit of Ontario» фирмы «Austal» (№ 26, табл. 2)

Однокорпусные ВСС. Это самая большая группа из рассмотренных в анализе ВСС (36 судов).

Хотя основная группа судов располагается в диапазоне чисел $Fr_D = 1 \div 3$, с коэффициентом сопротивления $\epsilon = 0,05 \div 0,1$, ряд однокорпусных судов имеет более высокие относительные скорости: $3,7 \leq Fr_D \leq 4,6$. Это патрульные катера проектов ЦМКБ «Алмаз»: «Мангуст» (29 т, 50 уз, рис.12), «Мираж» (120 т, 50 уз, рис.12) и скоростная яхта голландской постройки «Octorussy» (140 т, 53 уз, № 35 табл. 3). Для этих судов $\epsilon = 0,15 \div 0,20$. Самое низкое относительное сопротивление ($\epsilon = 0,052$) имеет один из самых крупных однокорпусных ВСС – 155-метровый паром «MDV3000» итальянской фирмы «Fincantieri» при скорости 45 уз (№ 9, табл. 3).

Интересен проект трансатлантического контейнеровоза «Fast Ship» (№ 20, табл. 3) дедвейтом около 15 000 т, скоростью 40 уз, проектант – «Giles Co Inc», США, и более реальный проект европейского контейнеровоза «EHSCV» (№ 23, табл. 3) дедвейтом 3 000 т, скоростью 40 уз, проектант – группа «IZAR», Испания.



Рис.12. Патрульный катер «Мираж» (№ 33 табл.3)



Рис.13. Патрульный катер «Мангуст» (№ 32, табл.3)

Скеговые СВП (СВПс). Эта наименьшая по количеству реализованных судов группа из числа рассмотренных, что отражает общую статистику по ВСС в мире, где СВПс составляют около 10% общего количества ВСС. Не проводя здесь подробного анализа этого, отметим, что в числе основных причин сложившегося положения обычно отмечают более сложную конструкцию их корпуса, наличие дополнительной энергетической установки и обусловленную этим более высокую стоимость постройки и эксплуатации.

Остановимся на ходовых качествах СВПс, зависящих в первую очередь от таких параметров, как удлинение воздушной подушки (ВП), давление в ней, расход воздуха и распределение нагрузки между ВП и скегами.

Удлинение ВП существенно влияет на волновую составляющую сопротивления: с его увеличением возрастает волновое сопротивление на высоких «загорбовых» относительных скоростях ($Fr_L > 1$), но уменьшается величина «горба».

Давление воздуха в ВП влияет двояким образом: его увеличение ведет к росту «горба сопротивления», но в то же время при постоянном водоизмещении уменьшаются габариты корпуса и расход воздуха, что способствует снижению гидродинамической, аэродинамической и импульсной составляющих сопротивления.

Увеличение расхода воздуха существенно снижает сопротивление на высоких скоростях ($Fr_D > 3$); на более



Рис. 14. Ракетный КВП скегового типа «Бора» (№ 20, табл.1)

низких скоростях увеличение расхода воздуха слабо влияет на сопротивление, но увеличивает суммарную мощность.

Еще один важный фактор, влияющий на сопротивление СВПС, – это распределение сил поддержания между ВП и скегами. Для большинства проектов СВПС, приведенных в табл. 1, известны величины давления в ВП и главные размерения, по которым с достаточной точностью можно определить площадь ВП, а затем и силу аэростатического поддержания.

На основании известного уравнения равновесия СВПС по высоте

$$gD = P_{\Pi} \cdot S_{\Pi} + 2\rho g \bar{\omega}_{\text{ск}} \quad (3)$$

можно рассчитать коэффициенты нагрузки на скеги:

$$Y_{\text{ск}}/D = 2\rho g \bar{\omega}_{\text{ск}}/D = 1 - P_{\Pi} \cdot S_{\Pi}/gD \quad (4)$$

(см. табл. 1).

На рис. 8 приведены графики коэффициента сопротивления СВПС для различных значений коэффициента нагрузки.

Как видно из них, самое низкое сопротивление имеют СВПС с малонагруженными скегами ($Y_{\text{ск}}/D = 0,1 - 0,2$), примерами которых являются «SES-100А», «SES-100В» и «Стрепет», имеющие из всех рассмотренных СВПС самые высокие скоростные показатели (скорости 70–90 уз, относительные скорости $Fr_w > 6,5$). С увеличением коэффициента нагрузки сопротивление возрастает настолько, что скоростной диапазон ограничивается числами Фруда 3–4; при этом относительное сопротивление ряда СВПС, имеющих $Y_{\text{ск}}/D = 0,4-0,5$ приближается к сопротивлению катамаранов, для которых $Y_{\text{ск}}/D = 1$.

Многие оппоненты СВПС считают, что сравнение по относительному сопротивлению (обратному гидродинами-



Рис. 15. Пассажирское СВПС «Демокрасу» фирмы «Semo» (№ 28, табл.1)

ческому качеству $\epsilon = R/D$) катамаранов и однокорпусных ВСС со скеговыми СВПС некорректно, поскольку у последних при этом не учитывается затрата мощности на поддув. К этому замечанию можно подойти с двух точек зрения. Если целью ставится достижение максимальной скорости и выбор необходимой для этого энергетической установки и пропульсивного комплекса, никакого нарушения корректности здесь нет, поскольку выводы об экономичности (энергозатратах) могут быть сделаны путем сравнения суммарных относительных мощностей, анализ которых будет приведен ниже. Если сопоставления относительного сопротивления традиционных ВСС и СВПС может быть применен показатель обратного энергетического качества (полного относительного сопротивления), предложенный С.Г. Ермолаевым [7].

$$\epsilon_{\Sigma} = N_{\Sigma}/DV = RV/DV + QH/DV \equiv \epsilon_r + \epsilon_{\Pi}, \quad (5)$$

где $\epsilon_r = R/D$ – обратное гидродинамическое качество (10-коэффициент сопротивления); Q, H – соответственно, расход воздуха в ВП и напор вентилятора; N_{Σ} – полная (на движение и поддув) мощность энергетической установки СВПС; $\epsilon_{\Pi} = QH/DV$ – безразмерный коэффициент, учитывающий затраты мощности на образование ВП.

Знак приближенного равенства в (5) связан с допущением близости значений КПД нагнетателя и движителя (в пределах 10–15%).

На рис. 9 построены зависимости обратного энергетического качества для проекта RSES-500 в сравнении с коэффициентами гидродинамического сопротивления катамаранов. Из графиков видно, что учет затрат на образование ВП, хотя и увеличивает коэффициент полного относительного сопротивления СВПС, но не опровергает вывода о преимуществе СВПС с малонагруженными скегами ($Y_{\text{ск}}/D = 0,1 - 0,2$) по сравнению с катамаранами при $Fr_D > 2$. Возвращаясь к отрицательному эффекту избыточного расхода воздуха на пониженных скоростях, можно предложить режим движения СВПС с переменным по скорости расходом воздуха, что иллюстрируется средним графиком рис. 9: при $Fr_D < 2$ $Q = 300 \text{ м}^3/\text{с}$; при $Fr_D < 3$ $Q = 400 \text{ м}^3/\text{с}$; при $Fr_D > 3$ $Q = 500 \text{ м}^3/\text{с}$.

На практике это может быть осуществлено либо изменением оборотов (при отдельных приводах движителя и нагнетателя), либо регулированием воздушного потока в ВП (например, поворотными лопатками нагнетателя).

3.2. Сравнение энерговооруженности ВСС различных типов

В табл. 2 и 3, столбец 15 и табл. 1, столбец 16 приведены значения удельной мощности рассматриваемых ВСС, по которым построены зависимости $N_{\Sigma}/D_{\Pi} = f(D_{\Pi})$ для различных скоростей хода (рис. 11–15). Из них следует, что для всех типов ВСС удельная мощность уменьшается с ростом водоизмещения по логарифмическому закону: $Y = -a \cdot \ln(x) + b$, где параметры a и b определяются в ходе статистической обработки фактических данных и приведены на упомянутых диаграммах.

Анализируя зависимости конкретно для каждого из типов ВСС, можно отметить следующее.

Однокорпусные суда. Для скоростей 30–35 уз удельные мощности составляют от 18 (для судов $D \approx 1300 \text{ т}$) до 27 кВт/т (для судов $D < 200 \text{ т}$); для скоростей 36–45 уз – от 15 (для судов $D \approx 400 \text{ т}$) до 32 кВт/т (для $D > 200 \text{ т}$); для 50–55 уз – от 40 (для судов $D \approx 1000 \text{ т}$) до 60 кВт/т (для $D < 150 \text{ т}$).

Следует заметить, что ввиду малого количества данных по последней группе ВСС показатель достоверности аппроксимации ($R^2 \approx 0,33$) довольно низкий, поэтому приведенные оценки следует рассматривать как ориентировочные.

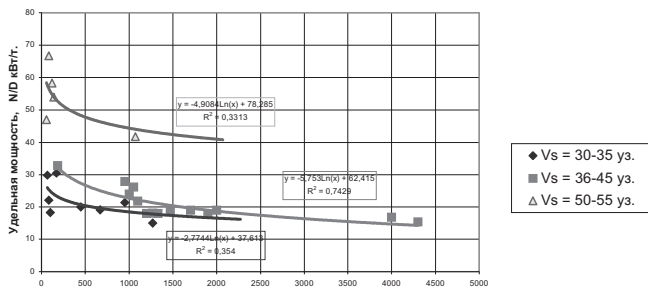


Рис.16. Зависимость удельной мощности однокорпусных ВСС от водоизмещения

Катамараны. Для диапазонов скоростей 30–39 уз удельные мощности составляют от 15 (для $D \approx 220$ т) до 30 кВт/т (для $D < 500$ т); для 40–44 уз – от 17 (для $D \approx 4000$ т) до 40 кВт/т (для $D < 500$ т); для 45–55 уз –

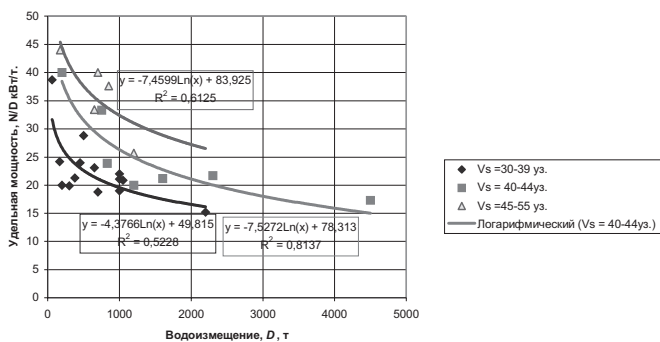


Рис.17. Зависимость удельной мощности катамаранов от водоизмещения

от 26 (для $D \approx 1200$ т) до 44 кВт/т (для $D < 500$ т).

Скеговые СВП. При скоростях 40–45 уз удельные мощности составляют от 20 (для $D \approx 2200$ т) до 40 кВт/т (для $D < 200$ т); при скоростях 50–55 уз – от 25 (для $D > 3000$ т) до 45 кВт/т (для $D < 1000$ т); при скоростях 70–90 уз – от 50 (для $D \approx 3000$ т) до 100 кВт/т

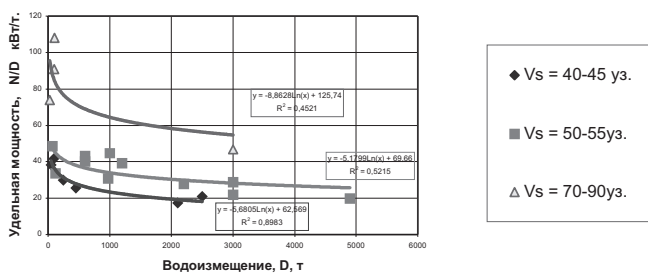


Рис.18. Зависимость удельной мощности СВПс от водоизмещения (для $D < 150$ т).

Полученные данные позволяют сделать аналогичные выводы об относительной энерговооруженности рассмотренных ВСС (рис.19 и 20):

1. При скоростях 40–45 уз ($F_{rD} \leq 3$), однокорпусные суда и СВПс имеют близкие значения удельной мощности; катамараны показывают несколько большие значения удельной мощности (рис.19);

2. При скоростях 50–55 уз ($F_{rD} \leq 4$), скеговые СВП по затратам мощности выглядят предпочтительнее, хотя разница с катамаранами находится в пределах точности расчета; однокорпусные ВСС имеют удельную мощность примерно в 1,3 раза большую.

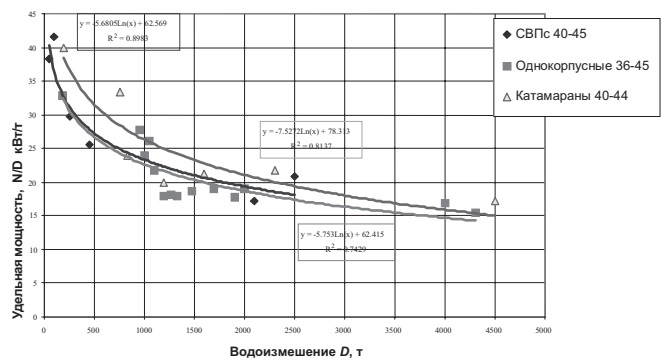


Рис.19. Сравнение удельных мощностей ВСС

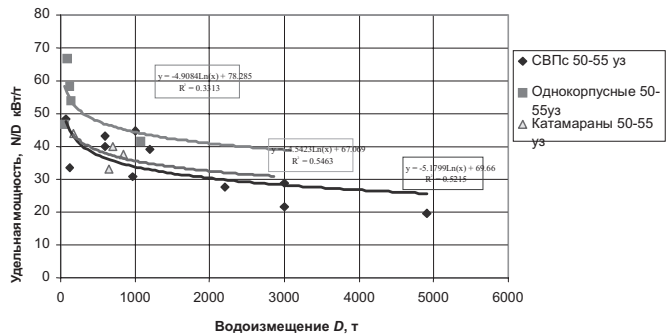


Рис.20. Сравнение удельных мощностей ВСС

3. При скоростях движения, соответствующих $F_{rD} \leq 4$, данные по однокорпусным ВСС и катамаранам отсутствуют, но, как можно заключить из данных рис. 10, в этом скоростном диапазоне энергетическое преимущество скеговых СВП очевидно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе приведенного в табл. 1–3 статистического материала автор предполагает проанализировать эксплуатационные характеристики ВСС, как провозоспособность, транспортная эффективность и др., а также их стоимостные характеристики ВСС.

Автор выражает признательность руководству ФГУП ЦМКБ «Алмаз» за возможность ознакомиться с проектными разработками Бюро, а также В.В. Зубрицкому, А.В. Захарову, О.Н. Тазову, Д.Е. Цымлякову за консультации и помощь в проектном анализе и компьютерной обработке данных по ВСС. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Fast Ferry International, 2000–2005.
2. *Speed at Sea*, 2002–2004.
3. *Kameva*. Seminar in St. Petersburg. March, 1992.
4. Судостроение. – 1999. – № 4.
5. Цымляков Д.Е. Разработка методики оптимизационного проектного расчета элементов скоростных двухкорпусных судов (катамаранов) с различной степенью разгрузки аэростатической воздушной подушкой. – Дисс. на соискание уч. степени канд. тех. наук. – СПб ГМТУ. – 1997.
6. *Войткунский и др.* Справочник по теории корабля. – Л.: Судпромгиз. – 1960.
7. Ермолаев С.Г. и др. Особенности гидродинамики быстроходных катамаранов // Судостроение. – 1976. – № 8. ■



ОАО «Пролетарский завод»
192029, Санкт-Петербург, ул. Дудко, 3
тел.: (812) 567-17-56, факс: (812) 567-37-33
www.proletarsky.ru
E-mail: proletarskyzavod@peterlink.ru

Открытое акционерное общество «Пролетарский завод» (в прошлом Александровский завод, основан по приказу императора Александра I) одно из старейших машиностроительных предприятий Санкт-Петербурга. С момента пуска в 1826 г. как литейного заведения его профиль неоднократно менялся от декоративно-монументального литья и чеканки до парового судостроения и специализированного станкостроения. Неслучайно завод вошел в историю «живителем российских мануфактур». Начав с выпуска первого отечественного паровоза в 1845 г., завод более века выпускал подвижной состав для развивающейся сети российских железных дорог.

Последние 40 лет предприятие, преобразованное в 70-е гг. в научно-производственное объединение с включением в него ЦНИИ судового машиностроения и завода «Экономайзер», специализируется в основном на судовом и энергетическом машиностроении. На нем созданы многочисленные образцы корабельных механизмов, систем и комплексов, в ряде случаев не имеющие аналогов в отечественной практике. Можно без преувеличения сказать, что нет практически ни одного военного корабля или гражданского судна от тяжелого авианесущего крейсера, атомного подводного ракетносца и супертанкера до ракетного и прогулочного катера, где бы не эксплуатировалась продукция объединения. Значителен вклад предприятия в развитие большой энергетики.

Фирма обеспечивает монтаж, наладку, сервисное обслуживание и необходимый ремонт наиболее сложных изделий поставляемой техники.

Основными проектами выпускаемых изделий являются СКБ ЭМ, входящие в состав завода, и ЗАО «ЦНИИ СМ», что способствует успешному выполнения всего цикла создания новой техники от НИКОР до производства и обеспечения эксплуатации.

Внешнеэкономическую деятельность ОАО «Пролетарский завод» обеспечивает ЗАО ВТФ «Судмаш».

Деловое научно-техническое сотрудничество связывает предприятие со многими зарубежными фирмами, оно является неприменным участником российских и зарубежных выставок (в т.ч. МВМС-2003 в Санкт-Петербурге).

Придавая большое значение качеству экспортной продукции, для ее сертификации привлечены зарубежные инспекционные общества, в результате большинство экспортных изделий получили одобрение и сертифицированы Английским и Германским Ллойдом и норвежским Дет Норске Веритас. В 2002 г. фирмой получен сертификат соответствия системы управления качеством предприятия требованиям стандартов серии ИСО 9000, а также необходимые лицензии на производство различных видов техники.

В работе исследуются задачи управления (стабилизации, слежения) нелинейными стационарными объектами, процессы которых описывают нелинейные явления в сложных судовых, физико-химических, медико-технических, экологических системах. В качестве объектов управления выбраны хаотические модели Ресслера, Кукушкина–Осипова, Тьюринга [1–4]. Показано, что при помощи малого управления для этих систем возможна стабилизация выходной координаты на требуемом уровне. Все рассмотренные модели относятся к нелинейным объектам со структурой Гаммерштейна–Винера, поэтому выбрана и соответствующая структура регулятора – модальное ПИД-регулирование (modal PID-control) и линеаризация обратной связью (feedback linearization).

В последние три десятилетия для более точного описания процессов нерегулярных колебаний в различных системах используют хаотические модели, которые являются мощным инструментом для описания процессов в системах, ранее описываемых стохастическими моделями.

При исследовании динамики химических [1, 2, 5], технических [6, 4], экологических систем [4] часто наблюдается “странное”, хаотическое поведение. Хаотические модели объясняют причину “странных” нерегулярных колебаний не только внешними, случайными факторами, но и внутренними свойствами исследуемого объекта. С появлением таких моделей появились и задачи управления хаосом. В качестве примеров приведены задачи управления хаотическими моделями Ресслера, Кукушкина–Осипова и Тьюринга, рассмотренные ранее, например, в работах Фрадкова и Андриевского [1, 2, 7].

Известно [8], что если нелинейный объект можно представить в виде последовательного соединения нелинейного, линейного и нелинейного (Н-Л-Н) звеньев, то объект имеет структуру Гаммерштейна–Винера. Все рассмотренные модели также относятся к объектам со структурой Гаммерштейна–Винера (ГВ). Обобщенная структура объекта ГВ показана на рис.1.

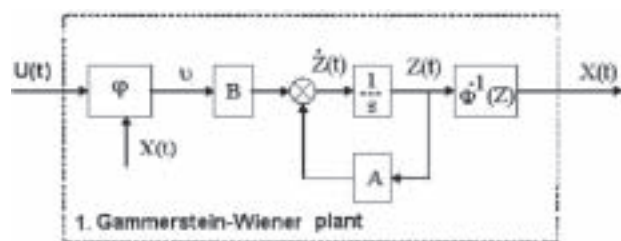


Рис.1. Структура модели ГВ [1]

Для объектов ГВ предложено использовать соответствующую структуру регулятора – линеаризация обратной связью (ЛОС) и модальное ПИД-регулирование. Эти методы описаны в зарубежной и отечественной литературе [3, 9, 10] последних лет, но изложены раздельно друг от друга.

В данной работе внимание уделено методу линеаризации обратной связью (feedback linearization) [3, 10]. Метод относится к задачам неполного управления и измерения, поэтому представляет особый интерес. Целесообразно

СИНТЕЗ АСТАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ МНОГОСВЯЗНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ, ЛИНЕАРИЗУЕМЫХ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В.Ф. Сулов, канд. техн. наук,

генеральный директор ОАО «Пролетарский завод»

М.С. Катков, д-р техн. наук., проф.,

Государственный университет авиационного приборостроения

О.В. Надеждин, аспирант,

Государственный университет авиационного приборостроения

использовать ЛОС в тех случаях, когда объект является существенно нелинейным.

Суть метода ЛОС в следующем [3]. Рассмотрим этот метод для аффинных по управлению систем

$$\dot{X} = f(X) + g(X) \cdot u; \quad X \in \mathfrak{R}^n; \quad U \in \mathfrak{R}^m. \quad (1)$$

Система (1) называется линеаризуемой обратной связью в области $\Omega \in \mathfrak{R}^n$, если существует гладкая обратимая замена координат и гладкое преобразование обратной связи имеет вид

$$u = \alpha(X) + \beta(X) \cdot v, \quad (2)$$

где $v \in \mathfrak{R}^m$ – новое управление, что замкнутая система линейна, т.е. ее уравнение в линейных координатах можно записать в виде

$$\dot{Z} = A \cdot Z + B \cdot v \quad (3)$$

для некоторых постоянных матриц A и B.

Критерий линеаризуемости обратной связью имеет простой вид для систем с одним входом ($m = 1$). Именно, система (1) линеаризуема обратной связью в окрестности некоторой точки $X_0 \in \mathfrak{R}^n$ тогда и только тогда, когда существует гладкая скалярная функция $h(X)$, такая, что система имеет в точке x_0 относительную степень n по отношению к выходу $y = h(X)$. Напомним, что относительная степень равна r , если последовательное дифференцирование выходной функции $y = h(X)$ в силу системы (1) дает выражение, содержащее вход точно на r -м шаге:

$$L_g L_f^k h(x) = 0, \quad k = 0, 1, \dots, r-2, \quad L_g L_f^{r-1} h(x) \neq 0, \quad (4)$$

где через $L_\Psi \Phi(x) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \cdot \Psi_i(x)$.

Если критерий линеаризуемости выполняется, то система может быть приведена к так называемой канонической форме Бруновского (цепи интеграторов) следующими преобразованиями:

$$Z = \Phi(X) = \text{col}(h(x), L_f h(x), \dots, L_f^{n-1} h(x)). \quad (5)$$

В работах [9, 11, 12] подробно изложен алгоритм син-

теза модального ПИД-регулятора для многомерного объекта управления. Применим рассмотренный алгоритм для одномерного случая.

Для синтеза управления разделим управление на два канала.

$$v = v_1 + v_2 \quad (6)$$

В качестве закона управления v_1 выберем ПИД-регулятор с двойным интегратором – для обеспечения астатизма 2-го порядка:

$$\begin{cases} v_1 = k_{i2} \cdot \int_0^t \int_0^t \varepsilon_r dt dt + k_{i1} \cdot \int_0^t \varepsilon_r dt + k_p \cdot \varepsilon_r + k_d \cdot \dot{\varepsilon}_r; \\ \varepsilon_r = Z_{rH} - Z_r. \end{cases} \quad (7)$$

Сделаем замену

$$v_z = v_1 - k_d \cdot \dot{\varepsilon}_r. \quad (8)$$

Продифференцировав по времени первое уравнение системы (7), получаем

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_r = X_{rH} - X_r; \\ \dot{v}_z = k_{i2} \cdot \int_0^t \varepsilon_r dt + k_i \cdot \varepsilon_r + k_p \cdot \dot{\varepsilon}_r; \\ v_1 = v_z + k_d \cdot \dot{\varepsilon}_r. \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, представлен 1-й этап проектирования многомерного комбинированного модального PID-регулятора, заключающийся в синтезе 1-го канала управления (7).

Представим ОУ (3) в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{Z}_r = A_{rr} Z_r + A_{r\bar{r}} Z_{\bar{r}} + B_r v + \mu_r; \\ \dot{Z}_{\bar{r}} = A_{\bar{r}r} Z_r + A_{\bar{r}\bar{r}} Z_{\bar{r}} + B_{\bar{r}} v + \mu_{\bar{r}}; \\ A_b = \begin{bmatrix} A_{rr} & A_{r\bar{r}} \\ A_{\bar{r}r} & A_{\bar{r}\bar{r}} \end{bmatrix}; B_b = \begin{bmatrix} B_r \\ B_{\bar{r}} \end{bmatrix}; \mu_b = \begin{bmatrix} \mu_r \\ \mu_{\bar{r}} \end{bmatrix}; X_b = \begin{bmatrix} Z_r \\ Z_{\bar{r}} \end{bmatrix}; \\ r = \text{rank}(B); \\ \bar{r} = n - r; \\ X = \{nx1\}. \end{cases} \quad (10)$$

Учитывая (3), (7), (9), (10), получаем параметры структуры расширенного объекта

$$\dot{Z}_\varepsilon = A_\varepsilon \cdot Z_\varepsilon + B_\varepsilon \cdot v_\varepsilon + \mu_\varepsilon, \quad (11)$$

$$\text{где } Z_\varepsilon = \left[\int_0^t \varepsilon_r dt; \varepsilon_r; z_2; z_3; v_z \right]; A_\varepsilon - \{5x5\};$$

$$B_\varepsilon - \{5x1\}; \mu_\varepsilon - \{5x1\}; Z_\varepsilon - \{5x1\}.$$

Здесь размерности векторов соответствуют случаю трехмерного исходного объекта с двойным интегратором-регулятором. Для корректирования динамики ОУ (рис.2) под желаемую динамику используем модальный регулятор

$$U_\varepsilon = -K_{mc} \cdot X_\varepsilon. \quad (12)$$

Матрица выбирается, исходя из желаемых корней ха-

рактеристического полинома

$$\varphi_g(s) = s^5 + \gamma_1 \cdot s^4 + \gamma_2 \cdot s^3 + \gamma_3 \cdot s^2 + \gamma_4 \cdot s + \gamma_5. \quad (13)$$

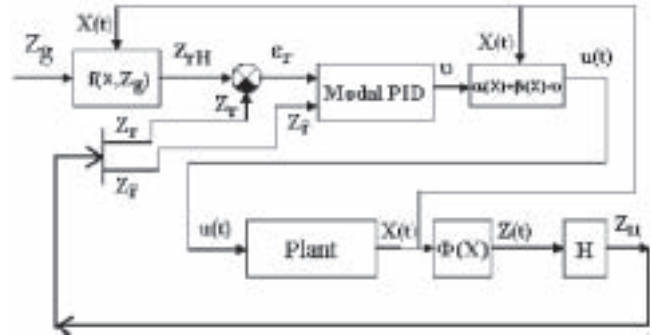


Рис.2. Структура комбинированной системы управления (feedback linearization + modal PID-control)

Рассмотрим ОУ:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -y - z; \\ \frac{dy}{dt} = x + a \cdot y; \quad a > 0; \\ \frac{dz}{dt} = b \cdot x - (c_0 + c(t)) \cdot z + x \cdot z; \quad b > 0. \end{cases} \quad (14)$$

Данный объект представляет собой хаотическую модель Ресслера. Нерегулярные колебания в данной системе наблюдаются, например, при следующих условиях:

$$\begin{aligned} x(0) = 1; \quad y(0) = 0; \quad z(0) = 0; \\ a = 0.38; \quad b = 0.3; \quad c_0 = 4.5. \end{aligned} \quad (15)$$

Необходимо синтезировать астатический регулятор координатой y с астатизмом 2-го порядка и требуемым условием качества при помощи управляющего воздействия $c(t)$ – см. рис.3.

Система (14) линеаризуема обратной связью [поскольку выполняется условие (4)], координаты системы в фор-

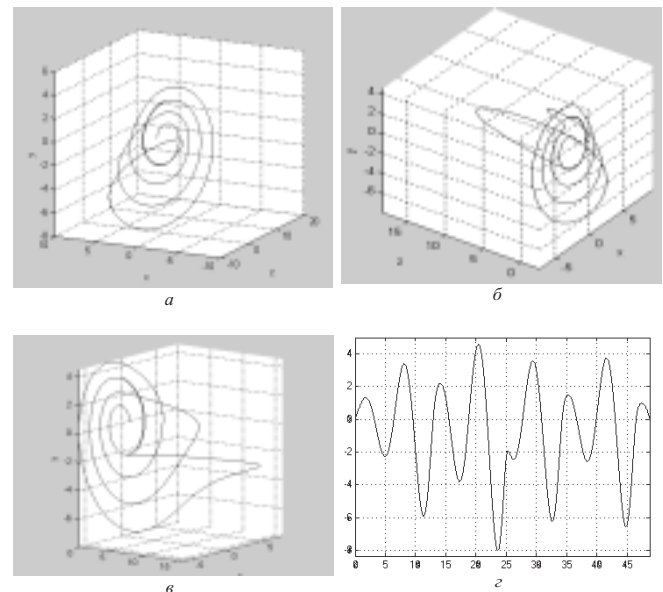


Рис.3. Фазовые портреты системы (а-в) Ресслера при начальных условиях (15); г – реализация во времени координаты $y(t)$ при начальных условиях (15)

ме Бруновского выражаются через координаты системы (14) следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = y; \\ \dot{z}_2 = z_1 = x + a \cdot y; \\ \dots \\ \dot{z}_3 = z_2 = a \cdot x + (a^2 - 1) \cdot y - z_1. \end{cases} \quad (16)$$

В итоге получаем линейную систему

$$\dot{Z} = A \cdot Z + B \cdot v;$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ b \cdot a - c_0 & a \cdot c_0 - b - 1 & a - c_0 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad Z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 \\ \cdot \\ z_1 \\ \cdot \\ z_1 \end{bmatrix}; \quad (17)$$

$v = (a \cdot z_2 - z_1 - z_3) \cdot (c(t) - z_2 + a \cdot z_1)$ – новое управляющее воздействие (рис.4). (18)

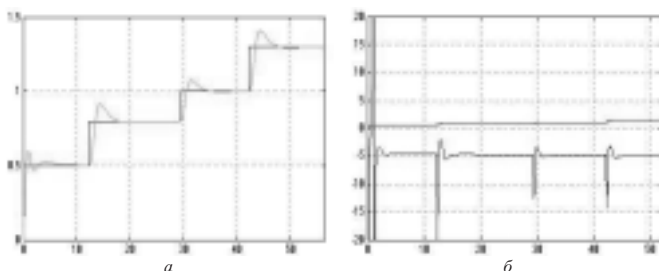


Рис.4. Процессы настройки координаты y : **а** – управляемый процесс при начальных условиях (15); **б** – управляющий и управляемый процессы при начальных условиях (15)

Результаты численного моделирования показали работоспособность рассматриваемой структуры регулятора. Следует заметить, что не все нелинейные объекты представимы в форме ГВ, но замечательно, что известные системы Ресслера, Лоренца, Тьюринга, Кукушкина–Осипова [1–4] относятся к моделям ГВ, и все они являются линеаризуемыми обратной связью.

Показана возможность стабилизации выходной координаты на требуемом уровне при помощи рассмотренной структуры. Результаты эксперимента показали также, что при отключении регулятора система стремится к одному из устойчивых состояний, либо к предельному циклу, либо к нерегулярным колебаниям. Все три исхода свойственны хаотическим системам.

Следует отметить, что на практике возникают следующие проблемы:

- редко априори известны все параметры модели (1);
- невозможность измерить весь вектор состояния X .

Первая проблема решается включением в контур управления параметрического идентификатора; вторая – включением в контур управления идентификатора состояния (Калмана, Льюэнбергера и др.). Структура системы управления с включением идентификаторов показана на рис.5.

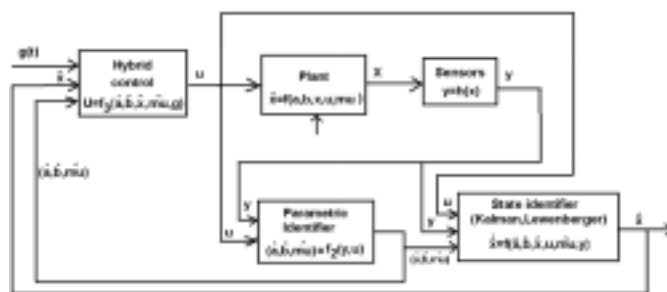


Рис.5. Гибридная система адаптивного управления непрямого действия нелинейным объектом

В работах [1–3] рассматривалось адаптивное управление непрямого типа объектами Ресслера, Кукушкина–Осипова, Тьюринга. В данной работе рассматривается гибридное управление теми же объектами, в предположении, что задачи параметрической и координатной идентификации уже решены.

Задача параметрической идентификации нелинейных объектов (в том числе типа Гаммерштейна и Винера) рассмотрена в работах [9, 5], Ивахненко [13], Иванова [14], Каткова [8], зарубежных авторов Льюнга, Эйкхоффа [15] и др.

Задача координатной идентификации (состояния) рассмотрена, например, в работах [7–9,15]. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрадков А.Л.. Кибернетическая физика: принципы и примеры. – СПб.: Наука, 2003. – 208 с.
2. Гузенко П.Ю., Кукушкин С.А, Осипов А.В., Фрадков А.Л.. ЖТФ. – 1997. – Т.69. – №9. – С. 47–51.
3. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Управление хаосом: Методы и приложения. – Ч.1. Методы. М.: АИТ. – 2004. – Т.2.
4. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Управление хаосом: Методы и приложения. – Ч.2. Приложения. М.: АИТ. – 2004. – Т.1.
5. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н.. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. Нелинейность. Неравновесность. Неоднородность. – Уфа: Гилем, 1999. – 464 с.
6. Надеждин О.В. Дипломная работа на тему “Система управления нелинейным нестационарным непрерывным объектом управления” / Под рук. проф., д-р техн. наук М.С. Каткова. – СПб.: ГУАП, 2004.
7. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л.. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. – СПб.: Наука, 2000. – 475 с.
8. Катков М.С. Непрерывные системы адаптивного управления с идентификаторами. – М.: МПИ Мир книги, 1992.
9. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского – М.: 1987.
10. Голубев А.Е., Крищенко А.П, Ткачев С.Б. Принцип разделения для аффинных систем.
11. Катков М.С., Надеждин О.В. Модальное управление нелинейным нестационарным объектом. – Тр. Международного симпозиума по аэрокосмическим технологиям и приборостроению. – СПб.: ГУАП, 2004.
12. Nadezhdin O.V. Modal PID-controller syntheses of multi-input system. ВОАС’2004 preprints, SpbITMO, 2004.
13. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. – Киев: Наукова думка, 1981 – 296 с.
14. Иванов А.И. Быстрая идентификация нелинейных динамических объектов. – Пенза, 1995.
15. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. ■

Представлена современная, эффективная (высоко производительная) технология монтажа судовых машин и устройств с применением специально разработанных для этой цели полимерных материалов. Приведены сравнительная оценка и анализ традиционной и современной технологии монтажа судовых машин и устройств, на основании технических, экономических и эксплуатационных критериев. Освещены вопросы, связанные с использованием полимерных материалов, а также основные их свойства и преимущества (технические, экономические, эксплуатационные). Приведены примеры, иллюстрирующие широкие возможности практического применения полимерных материалов при монтаже судовых машин и устройств.

ВВЕДЕНИЕ

Монтаж машин и устройств на судах – важная и неотъемлемая часть процесса их строительства, а также ремонта. Он имеет существенное влияние на издержки производства конечного продукта (судна), а также на качество функционирования, надежность и стойкость устанавливаемых машин и устройств. В полной оценке метода монтажа машин и устройств должны учитываться технические, экономические и эксплуатационные аспекты. В технико-экономической оценке нужно учитывать: издержки материалов и инструментов (необходимых при монтаже), сложность монтажа устройств, время и издержки выполнения монтажных работ, качество подгонки соединяемых элементов и узлов, состояние напряжений и монтажных деформаций. В ходе эксплуатации существенное значение имеют качество работы устройств, надежность и стойкость соединений, частота и сложность обслуживающих действий, снижение уровня вибрации механизмов и шума.

Развитие химии и технологии материалов, которое произошло в конце минувшего века, позволило разработать специальные материалы и технологии, предназначенные для строго определенных целей, применение которых на практике способствует получению технических, экономических и эксплуатационных преимуществ. Примером являются специальные полимерные материалы, разработанные для фундаментных подкладок судовых машин и устройств, а также эффективные технологии монтажа при использовании этих полимерных материалов, которые полностью выдержали практический экзамен и стали в настоящее время стандартом в монтаже машин и устройств на судах. Новая технология монтажа при применении фундамент-

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА СУДОВЫХ МАШИН И УСТРОЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Карол Грудзиньски (Karol Grudzicki),

д-р техн. наук, проф.,

Щецинский политехнический университет, Щецин, Польша,

Веслав Ярошевич (Wieslaw Jaroszewicz),

д-р техн. наук,

владелец фирмы «Marine Service Jaroszewicz», Щецин, Польша,

Тарас Липкан,

генеральный директор ООО «Морской Сервис Ярошевич–СПб»,

Санкт-Петербург

ных подкладок, отливаемых из полимерного материала, оказалась особенно полезной в установке двигателя и передачи главного привода судна, где требования и затраты на монтаж особенно высоки.

Многие достоинства разработанных материалов и технологий монтажа способствовали их практическому использованию не только в судостроении и судоремонте, но также во многих других отраслях промышленности и строительства [1].

Целью этой статьи является представление основных технико-экономических и эксплуатационных преимуществ современной технологии монтажа машин и устройств при использовании специальных полимерных материалов, а также демонстрация широких возможностей их практического применения при строительстве и ремонте различных судов.

ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТАЖА МАШИН И УСТРОЙСТВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДКЛАДКАХ И ПОДКЛАДКАХ, ЛИТЫХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Монтаж тяжелых машин и судовых устройств, например главных двигателей выполняется не непосредственно на опорные поверхности фун-

дамента, а с применением специальных выравнивающих подкладок. Они используются для пригонки больших опорных поверхностей фундаментов и оснований монтируемых объектов, а также для обеспечения точной установки связанных между собой машин и устройств. Применение фундаментных подкладок приводит к замещению непрерывного подкрепления (поверхностного) подкреплением как бы «дискретным», в определенном числе «точек». Когда количество опорных «точек» больше трех, система превращается в статически неопределенную. В этом случае возникают трудности в пригонке фундаментных подкладок и определении сил взаимодействия машины и фундамента в опорных местах. При установке судовых двигателей и механизмов количество фундаментных подкладок, как правило, не менее четырех, за частую их может быть десять и более.

Традиционный метод монтажа машин и устройств на фундаменте с применением металлических выравнивающих подкладок (рис.1,а), обладает рядом недостатков, к которым относятся:

- необходимость точной механической обработки опорной поверхности фундамента;
- обременительная и трудоемкая индивидуальная пригонка металличе-

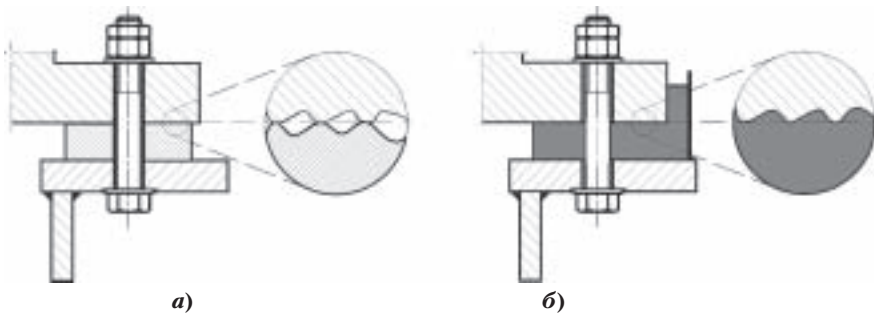


Рис. 1. Схема фундаментного болтового соединения: а – при применении металлических подкладок; б – при применении подкладок, отлитых из полимерного материала

- ких подкладок к опорным поверхностям фундамента и машины путем механической обработки;
- большая жесткость металлических подкладок, которая вызывает даже при малых неточностях при их пригонке большие напряжения;
 - малая поверхность стыка подкладки с фундаментом и основанием машины [фактически она составляет малый процент номинальной поверхности стыка (рис.1,а)];
 - длительное время монтажа и его высокие издержки;
 - малое гашение и слабая изоляция механических и акустических колебаний во время эксплуатации.

Новая технология монтажа машин и устройств на фундаменте с использованием полимерного материала, заключается в точной установке объекта (например, двигателя, рис.1,б) на фундаменте с помощью специальных отжимных болтов или клиньев; изготовлением между фундаментом и основанием машины соответствующих заливных форм из полиуретановой пенки и стальной жести (рис.1,б) и дальнейшего заливки форм жидкой (надлежаще смешанной с отвердителем) композицией.

После отверждения этой композиции в соответствующих термических условиях получают готовые фундаментные подкладки. Затем устраняются отжимные болты или клинья и окончательно затягиваются прежде свободно вставленные фундаментные болты.

Использование полимерного материала для фундаментных подкладок и литье их «на готово», непосредственно на фундаменте под машиной, установленной в эксплуатационном положении, упрощает многие работы, связанные с монтажом, и значительно сокращает время его реализации.

Подкладки литые «на готово» точно соприкасаются с опорными поверхностями фундамента и машины и заполняют все неровности этих поверхностей. Это гарантирует лучшее распределение истинных нормальных давлений на контактные поверхности соединяемых элементов, а также по-

вышает эффективный коэффициент трения (близкий единице или больше единицы).

Хорошее соприкосновение отлитой из полимерного материала подкладки на большой поверхности стыка имеет большой коэффициент эффективного трения, что говорит о качестве и надежности монтажа, при этом не образуются коррозия трения и другие формы износа контактных поверхностей.

Положительные результаты при нормальных и касательных нагрузках контактного соединения металлических поверхностей со слоем полимерного материала между ними иллюстрируют натурные испытания (рис. 2 и 3). В случае контактного соединения металлических поверхностей без слоя полимерного материала нормальная контактная деформация имеет относительно большую величину, нелинейные течения и упругопластический характер (рис.2, кривая d_a) [1]. В результате действия динамических нагрузок во время эксплуатации машин в микропространствах истинного контакта возникают значительные пластические деформации, результатом которых являются так называемое

«оседание» соединенных элементов и зазорность болтовых соединений, а также «выбивка» опорных поверхностей фундамента, подкладки и основания машины, срыв фундаментных болтов, нестабильность работы машины, аварии и т.п.

При контактном соединении металлических поверхностей со слоем пластмассы возникают относительно малые величины контактной деформации, с линейным течением и упругим характером (рис. 2, кривая d_b). Это гарантирует надежность таких соединений, как при нагрузках статических, так и динамических.

В непосредственном контактном соединении (сталь-сталь) уже при относительно малых касательных напряжениях образуются микроскольжения (рис.3,б, кривая 1, рис.3,г, кривая d_1); если эти напряжения изменяются циклически, то они вызывают эффект коррозии трения. Присутствие пластмассы в контактном соединении элиминирует возникновение микроскольжений и гарантирует линейно-упругий характер контактных касательных деформаций, при значительных величинах касательных напряжений как статических (рис.3,б, кривая 2), так и динамических (рис.3,г, кривая d_1). В этих условиях не проявляются эффекты коррозии трения и другие формы износа контактных поверхностей.

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ ПРИ МОНТАЖЕ СУДОВЫХ МАШИН И УСТРОЙСТВ

При монтаже машин и устройств используются полимерные материалы, разработанные специально для этих целей. К ним предъявляются очень высокие и множественные требования

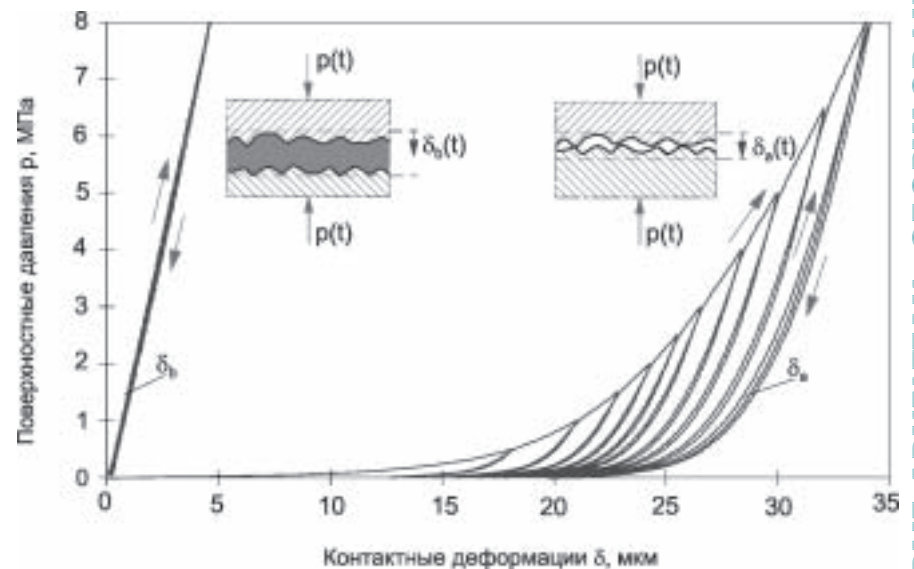


Рис. 2. Зависимость нормальных контактных деформаций от поверхностных давлений для контактного соединения металлических поверхностей без слоя пластмассы (кривая d_a) и с тонким слоем пластмассы (кривая d_b)

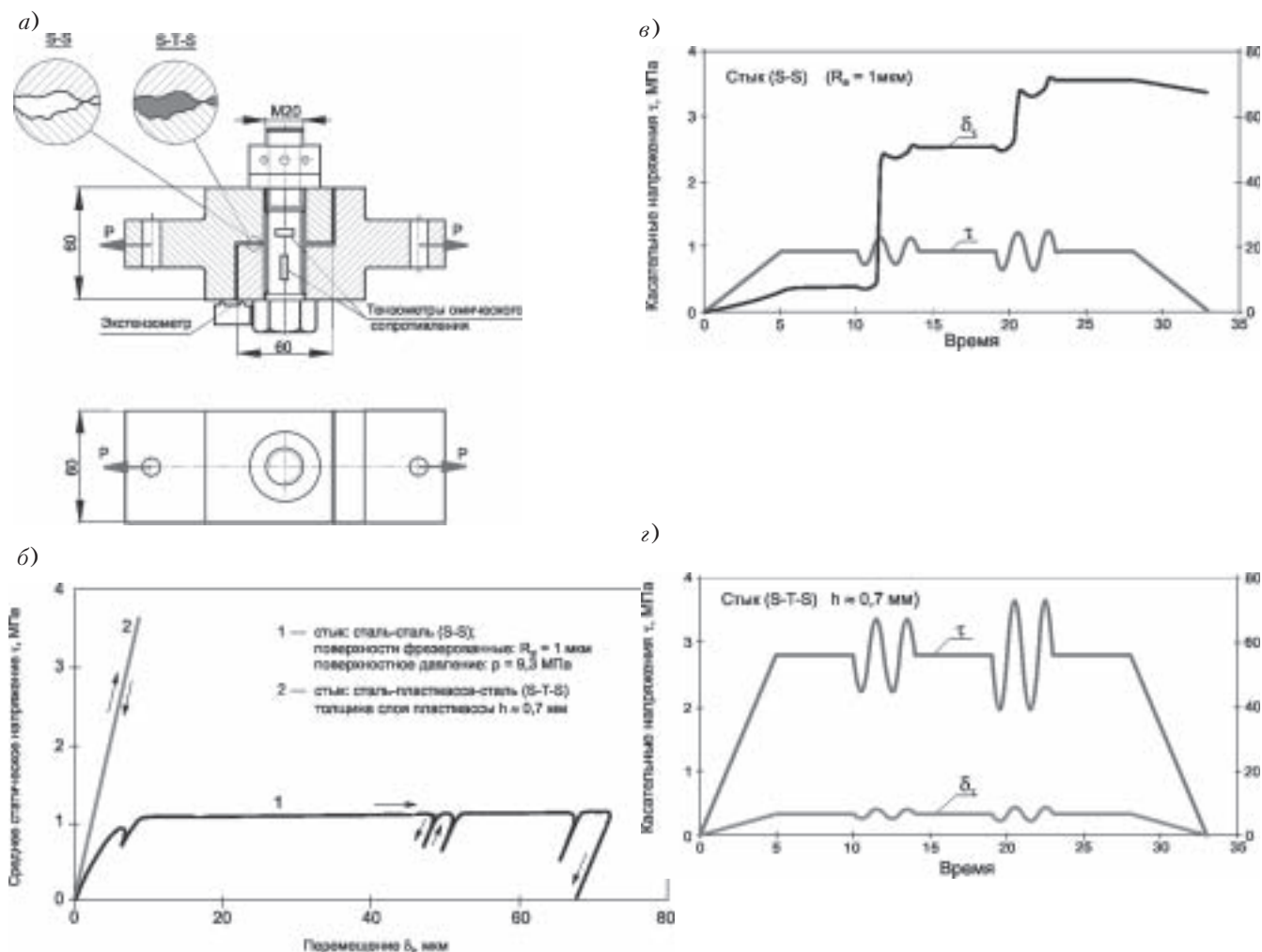


Рис. 3. Схема болтового (а) соединения (сталь-сталь) и с тонким слоем пластмассы (сталь-пластмасса-сталь), а также его характеристики контактных касательных деформаций при нагрузках статических (б) и динамических (в, г)

[1, 2, 3]. Они касаются как свойств технологических, прочностных, так и эксплуатационных. Наиболее известными в мире являются три типа полимерных материалов, которые получили все необходимые для использования в судовом строительстве разрешения и сертификаты. Это специальные полимерные пластмассы «Chockfast» (американского производства), «Eprocast» (немецкого производства) и «EPU» (польского производства). Основные свойства этих пластмасс характеризует рис.4.

Эти пластмассы появились в результате многолетних исследований, проводимых в тесном сотрудничестве с судостроительной отраслью, а также с классификационными обществами, осуществляющими техническое наблюдение за постройкой, эксплуатацией и ремонтом судов. Они имеют свидетельства одобрения мировых изготовителей судовых двигателей («Wärtsilä-NSD», «MAN-B&W», «Sulzer»), а также классификационных обществ (LR, GLRS, RMRS, ABS, BV, DnV, PRS...).

Производители этих пластмасс имеют сертификаты соответствия систем менеджмента качества требованиями ИСО 9001:2000.

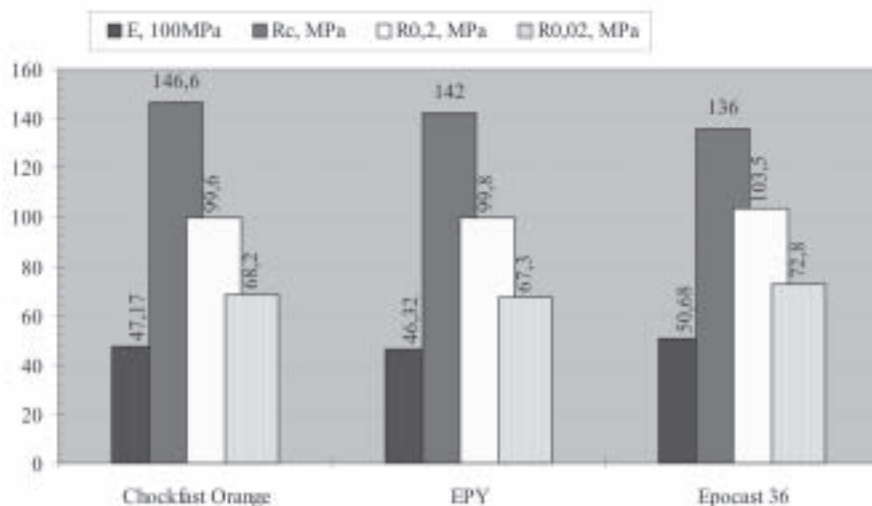


Рис. 4. Основные свойства пластмасс, используемых для фундаментных подкладок судовых машин и устройств

1 – стык «сталь-сталь» (S-S); поверхности фрезерованные, $R_a = 1$ мкм; поверхностное давление $P = 9,3$ МПа; 2 – стык «сталь-пластмасса-сталь» (S-T-S) толщина слоя пластмассы $h \approx 0,7$ мм; 3 – стык S-S, $R_a = 1$ мкм; 4 – стык S-T-S, $h \approx 0,7$ мм.

использовались при установке судовых машин и устройств в середине 60-х гг. [4].

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ МОНТАЖА

Впервые фундаментные подкладки, литые из полимерных пластмасс,

В Польше (Щецинский политехнический университет) испытательные исследования начали проводиться на систематической основе с 1970 г.,

где продолжают по сей день. Разработанные пластмассы с определенными свойствами, совершенствовавшиеся со временем [1], оказались материалом идеальным при установке машин на фундаментные подкладки. Об целесообразности их применения на практике говорят прежде всего следующие факты:

- возможность подготовки композиции для отливки фундаментных подкладок непосредственно на месте их применения;
- очень хорошее соприкосновение заливаемой пластмассы на протяжении всей поверхности стыка с металлом (без дополнительной обработки);
- хорошие сопротивляющие свойства отвердевшей пластмассы;
- хорошие упругогасительные свойства пластмассы и большая величина эффективного коэффициента трения;
- малая усадка литья и малая ползучесть;
- значительное сокращение времени и снижение затрат монтажа машин и устройств;
- улучшенные показатели гашения колебаний и изоляции прохождения, так называемых материальных звуков (рис. 5).

Подкладки из полимерной пластмассы предназначены прежде всего для монтажа новых устройств, а также ремонтных работ, проводимых в отдалении от ремонтного цеха. Кроме черновой очистки и обезжиривания поверхности фундамента, не требуется никакой специальной ее подготовки. Выступающие неровности, коррозионные язвы и непараллельные поверхности, затрудняющие или прямо исключают применение традиционных металлических подкладок, не представляют никаких сложностей при использовании подкладок из пластмассы.

На протяжении более 30 лет практического применения польских полимерных пластмасс (усовершенствованных со временем) [1] выполнен монтаж на 8048 различных объектах, в том числе 6938 судовых машин и устройств (из них – 1661 главных двигателей).

Полимерные пластмассы для фундаментных подкладок разработаны прежде всего с целью упрощения и сокращения времени монтажа судовых двигателей и передач, требования к которому особенно высоки. Применение подкладок из пластмасс, литых «на готово», под установленным двигателем значительно сократило время (с одной-трех недель до двух дней) и снизило затраты связанные с монтажом. Главным двигателем, установленным на фундаментные подкладки из

пластмассы «EPU», показан на рис.6. Этот двигатель установлен на 20 подкладках (размером 500 x 400 x 50 мм). Схема расположения приведена на рис.5,б.

мер дейдвудных труб, рис.7), при употреблении пластмассы, заключается в соответствующей их центровке с помощью отжимных болтов (рис.7,б) и заливке жидкой пласт-

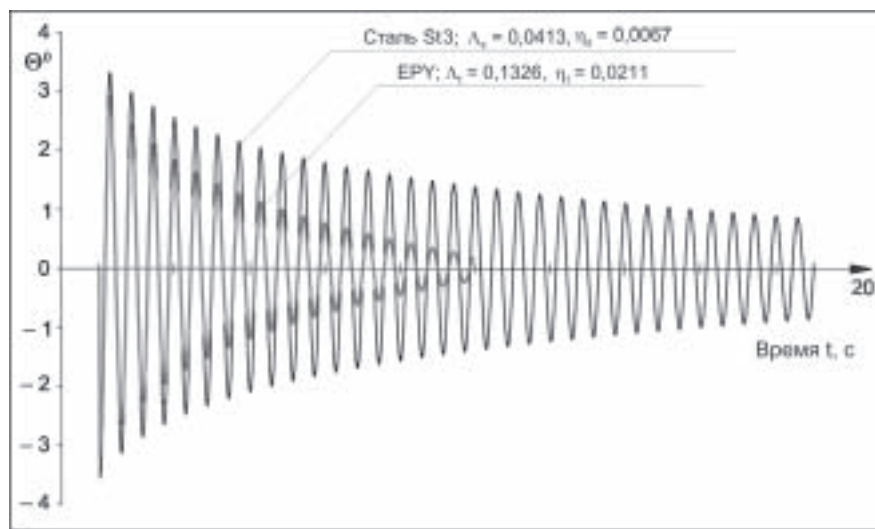


Рис.5. Амплитудно-временные характеристики для стали Ст3 и пластмассы «EPU», полученные при 20°С и частоте $f = 1,77$ Гц

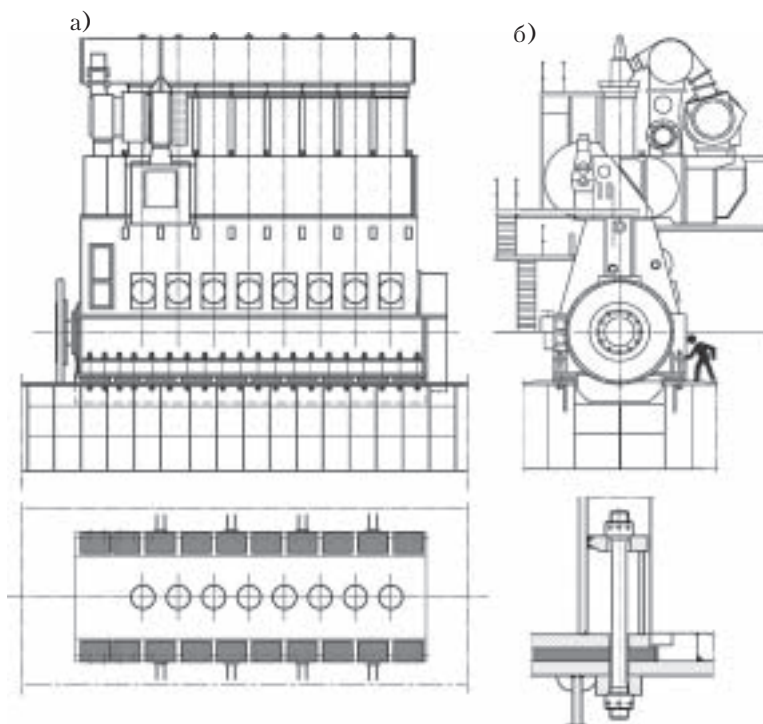


Рис.6. Двигатель «Sulzer 8RTA68T-B» главного привода судна установленный на подкладках из пластмассы EPU: а – общий вид; б – расположение фундаментных подкладок; в – сечение фундаментного болтового соединения

Полимерные пластмассы применяются также при монтаже передач главных приводов, генераторов, насосов, палубных лебедок и прочих вспомогательных устройств. Они оказались также очень полезными в монтаже больших подшипников валопроводов, рулевых втулок, рулевых штырей, нагруженными значительными поперечными и продольными силами.

Монтаж больших втулок (напри-

мером). Этот способ является очень точным и быстрым, а технология позволяет точно устанавливать втулки, без растачивания отверстий большого диаметра (около 1000 мм) в конструкции (ахтерштвени), механической обработки втулок и вдавливания их с помощью мощных сил (около 1000 кН). При этом внутренние поверхности отверстия, где должны быть монтированы втулки не требуют точной обработки.

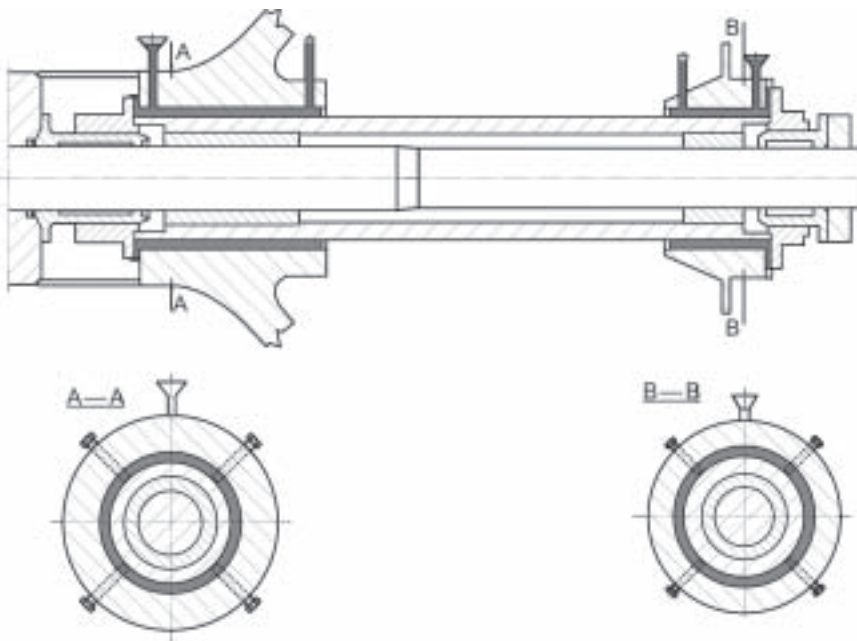


Рис. 7. Дейдвудная труба судна установленная с использованием пластмассы EPY

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монтаж машин и устройств с использованием специальных полимерных материалов выдержал практический экзамен. В судостроении и судоремонте эта технология уже ста-

ла стандартом и дает измеримые технические, экономические и эксплуатационные выгоды.

Благодаря своим преимуществам полимерная пластмасса и новая технология монтажа машин применяются в настоящее время при монтаже

различных сухопутных машин и устройств: в машиностроительной, горной промышленности, энергетике, строительстве дорог и мостов и т. п.

Более подробную информацию о проектировании, а также технологии монтажа различных машин и устройств с применением полимерных материалов, в том числе и специфические свойства этих материалов, возможности их использования в инженерной практике, можно найти в монографии [1]. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Grudziński K., Jaroszewicz W. Posadawianie maszyn i urządzeń na podkładka fundamentowych odlewanych z tworzywa EPY. Wydawca: ZAPOL Spółka Jawna, Szczecin, 2002.
2. Smith W. Resin chocks. Paper No. 2, Session, London, Lloyd's Register Technical Association, 1984–1985.
3. Germanischer Lloyd: Richtlinien über die Zulassung und Werkstoffen (Reaktionsharze) zur Installierung und Fundamentierung von Bauteilen, Hamburg, 1992.
4. Buck K., F. Fundamentierung von Schiffsmaschinen mit Kunstharz. Marine- und Industrie-Montage GmbH, Hamburg, 1978. ■

MARINE SERVICE JAROSZEWICZ



**Официальный представитель
в России:**

ul. Bielańska 23, 70-703 Szczecin, Poland

tel: +48 91 4608624 msj@EPY.com.pl

fax: +48 91 4313075 www.EPY.com.pl




Сервис установки:

- > судовых двигателей и передач
- > машин и вспомогательных устройств
- > дейдвудных труб и втулок
- > станков, подшипников, конструкций...

ООО Морской Сервис Ярошевич-СПб
Россия, 195027, г. Санкт-Петербург
ул. Маяковского д. 51с, офис 304

Тел./факс: (812) 324-99-61, 941-35-30
lipkani@mail.ru



Продаж смолы:



Chockfast — Philadelphia Resins

Epocast 

EPY 

Технология обеспечивает:

- > точную и скорую установку машин
- > снижение уровня колебаний и шума
- > устойчивую и стойкую установку машин
- > снижение стоимости установки машин
- > элиминацию обработки подкладок и фундаментов

Новая ЭРА

**Новые системы распределения,
управления, регулирования
и преобразования энергии**



195248, Россия, Санкт-Петербург, ул. Партизанская, 21
Тел.: (812) 303 89 79. Факс: (812) 303 89 77
E-mail: neweradd@comset.net; <http://www.newelectro.ru>

Петербургская компания «Новая ЭРА» – первое и на сегодняшний день единственное российское предприятие, которое разрабатывает и изготавливает средневольтное электрооборудование (на 6–11 кВ) в морском исполнении и в соответствии с требованиями Российского Морского Регистра судоходства. Новое электротехническое оборудование предназначено для установки и эксплуатации на морской ледостойкой стационарной платформе (МЛСП) «Приразломная» в Баренцевом море. ОАО «Новая ЭРА» имеет богатый опыт поставок на ответственные объекты как в России, так и за рубежом. Однако по основным своим характеристикам это оборудование превосходит все то, создавалось на предприятии до сих пор.

МЛСП «Приразломная», которую начали строить в Северодвинске еще в 1995 г., предназначена для добычи нефти и газа на одном из богатейших месторождений Арктического шельфа – «Приразломное». Геологи оценивают здешние запасы нефти, как минимум, в 70 млн. т. Предполагается, что платформа сможет давать около 7 млн. т нефти в год. В финансовом эквиваленте это составляет 2–3 млрд. долл.

Аналогов строящейся в юго-восточном секторе Баренцева моря МЛСП «Приразломная» еще не было. Это первое в мире подобное сооружение. Платформа будет способна сама бурить скважины и добывать нефть и газ круглый год в экстремальных условиях Арктики, когда большую часть года море сковано льдами. Поэтому и работы по созданию МЛСП «Приразломная» являются уникальными, требующими от проектных организаций и предприятий – участников проекта – новых нестандартных инженерных решений.

Компания «Новая ЭРА» в 2004 г. выиграла тендер на изготовление и поставку средневольтной части системы энергоснабжения морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная». Средневольтное электрооборудование общепромышленного применения сегодня выпускают многие российские производители. Но ОАО «Новая ЭРА» стало первым в нашей стране предприятием, которое взялось за разработку и изготовление такого электрооборудования в морском исполнении, соблюдая при этом требования Российского Морского Регистра судоходства.

Помимо установки на платформе нового оборудования собственного производства, специалистам предприятия было поручено провести дефектацию, а затем реконструкцию и модернизацию уже имеющегося электрооборудования, отслужившего двадцать пять лет и фактически вырабатывавшего свой ресурс. В настоящее

ПЕРВОЕ В РОССИИ СРЕДНЕВОЛЬТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В МОРСКОМ ИСПОЛНЕНИИ ДЛЯ БУРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ «ПРИРАЗЛОМНАЯ»

Г.К. Селиваненко, начальник конструкторского отдела КРУ 6–10 кВ,
М.А. Калашиников, начальник отдела испытаний,
В.Г. Балабин, начальник электротехнической лаборатории,
С.Г. Шамарин, руководитель проекта МЛСП «Приразломная»,
ОАО «Новая ЭРА»

время оно находится на платформе «Huttone», верхняя часть которой используется для строительства морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная».

«МЛСП «Приразломная» – не первый подобный проект для «Новой Эры», – говорит генеральный директор Александр Федотов. – Ранее наша компания поставляла электрооборудование и выполняла комплекс электромонтажных работ на буровой платформе Д-6 (заказчик – ООО «Лукойл – Калининградморнефть»), где сейчас уже ведется промышленная добыча нефти. Однако принципиальное отличие контракта по «Приразломной» в том, что это первая и для «Новой Эры», и для отрасли в целом разработка и поставка комплектов распределительных устройств (6 кВ и 11 кВ) для эксплуатации в морских условиях, за полярным кругом, на значительном удалении от берега.»

Согласно условиям договора, заключенного с ФГУП ПО «Севмаш», специалисты ОАО «Новая ЭРА» должны были разработать новое средневольтное оборудование в предельно сжатые сроки. В итоге разработку удалось осуществить за три месяца (с момента получения технического задания до начала изготовления опытных образцов продукции). Этого времени конструкторским подразделениям предприятия хватило для того, чтобы создать новые конструктивы комплексных распределительных устройств (КРУ), отвечающих условиям эксплуатации на буровой платформе. Весной 2005 г. на ОАО «Новая ЭРА» были

выпущены четыре типа КРУ для МЛСП «Приразломная»: К-308 МР НЭ, К-309 МР НЭ, К-310 МР НЭ и К-311 МР НЭ. Все КРУ двустороннего обслуживания. А К-311 МР НЭ – двухъярусное КРУ, практически тех же размеров, что и одноярусное, но вмещающее в себя две схемы главных цепей. Разработка комплектного распределительного устройства К-311 МР НЭ велась с целью уменьшения габаритов, поскольку платформа имеет ограничения по площади.

Все КРУ, как и другое оборудование для буровой платформы, имеют высокое качество исполнения. Характерно, что при производстве данного оборудования использовались исключительно импортные комплектующие (силовые выключатели АВВ, силовые трансформаторы АВВ, микропроцес-



сорные блоки защиты «Siprotec Siemens» и др.), поскольку отечественный рынок на сегодняшний день еще не может предложить комплектацию, необходимую для изготовления распределительных устройств такого класса. Кроме того, требовалось, чтобы все применяемые комплектующие изделия имели сертификаты Российского Морского Регистра судоходства.

Средневольтное оборудование, изготовленное для «Приразломной», рассчитано на работу при большой влажности. По климатике распределительные устройства соответствуют условиям МЗ. Оборудование обладает степенью защиты – IP 33 и стойкостью к токам КЗ. Ток термической стойкости К-308 и К-309 – 50 кА. По оценкам разработчиков ОАО «Новая ЭРА», последнее требование пока еще трудновыполнимо для многих российских производителей. Например, отечественные выключатели, рассчитанные на такой ток, до сих пор не выпускаются. Для сравнения: даже распределительные устройства, которые предназначались для установки на атомную электростанцию «Бушер» в Иране, были рассчитаны на ток отключения – 40 кА. До начала работы по проекту МЛСП «Приразломная» это был максимальный ток, с кото-

рым приходилось иметь дело специалистам «Новой Эры». Нечасто при изготовлении распределительных устройств отечественными производителями применяются и микропроцессорные блоки защиты «Siprotec Siemens», которые недешевы, но зато наиболее современны и обладают рядом функций, которых не имеет микропроцессорная техника других фирм.

Всего в настоящее время ОАО «Новая ЭРА» изготовлено около ста комплектных распределительных устройств для нужд МЛСП «Приразломная». Собран и прошел сертификационные высоковольтные испытания Российского Морского Регистра судоходства главный распределительный щит на 11 кВ, состоящий из 44 КРУ. Испытан и сертифицирован Морским Регистром распределительный щит на 6 кВ, скомплектованный из более чем двадцати КРУ, а также многое другое оборудование: основные распределительные щиты на 415 В, щиты питания оборудования, щиты освещения, щиты аварийного и эвакуационного освещения и др. Продукция испытыва-



лась на ОАО «Новая ЭРА», сертифицировалась на площадке Всероссийского Научно-исследовательского института высоковольтной аппаратуры. В результате все оборудование, разработанное предприятием «Новая ЭРА» для МЛСП «Приразломная», выдержало сертификационные испытания и получило одобрение Российского Морского Регистра судоходства.

Таким образом, на сегодняшний день компания «Новая ЭРА» предлагает большой выбор комплектных распределительных устройств 6-10 кВ: общепромышленного применения и для атомной промышленности, сейсмостойкого и морского исполнения. В общей сложности предприятием разработано свыше десяти видов КРУ и множество типовых и нетиповых конструктивов схем главных цепей. ■

На «Зеленодольском судостроительном заводе» сейчас завершается строительство катера пр. А-45, для которого петербургское предприятие ОАО «Новая ЭРА» изготовило и поставило двигатели безредукторные управляемые (ДБУ-100). В течение нынешней навигации (с мая по ноябрь 2005 г.) на заводе проводятся различные испытания систем строящегося судна, в том числе на новом катере в настоящее время испытывается ДБУ-100 и система управления интерцепторами.

В октябре прошлого года ОАО «Новая ЭРА» уже участвовала в приемо-сдаточных испытаниях катера пр. А-125, на который впервые поставлялась новая разработка нашего предприятия – ДБУ-100. Катер специального назначения «Валентин Чуйкин», построенный на «Морском заводе «Алмаз», был создан для проведения антитеррористических операций в акваториях и на побережье Балтийского моря и передан в распоряжение Управления ФСБ России по Северо-Западу.

Отличие от него, строящийся катер пр. А-45 предназначен для перевозок пассажиров. Он должен стать вторым в России скоростным пассажирским катером, по своим характеристикам лишь немного уступающим «Метеору» (тоже, кстати, в свое время построенному на «Зеленодольском су-

достроительном заводе»). Предполагается, что данное судно сможет развивать скорость до 75 км/ч (максимальная скорость «Метеора» – 80 км/ч), при этом водоизмещение его в полтора раза больше, чем у предшественника. Среди других достоинств нового катера: высокая маневренность, повышенная прочность корпуса, высокий уровень обеспечения непотопляемости, возможность движения в условиях мелководья и большой волны, а также повышенная внутренняя комфортность.

По оценке главного строителя «Зеленодольского судостроительного завода» Валерия Погорелова, на сегодняшний день катер пр. А-45 готов на 90%. Уже проведены монтажные работы и автономные испытания некоторых машин и механизмов. Одновременно с совместной отработкой

функционирования бортовой вычислительной машины с изделиями ДБУ-100, катер подвергают швартовым и ходовым испытаниям.

Первые совместные испытания катера судостроители со специалистами ОАО «Новая ЭРА» начали в июне. Для осуществления их с петербургского предприятия на судостроительный завод в Зеленодольск была отправлена специальная аппаратура. В проверке функционирования двигателя безредукторного управляемого и системы управления интерцепторами участвуют разработчики ДБУ-100 – сотрудники «Новой Эры»: ведущий инженер отдела НИОКР Геннадий Леонидов и инженер-программист отдела НИОКР Степан Котов. Испытания закончатся в августе – сентябре. Передать катер в эксплуатацию планируется в 2006 г. ■

ПРОВЕРКА НА НАДЕЖНОСТЬ

Ю.А. Кулагин, начальник отдела научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок,

А.В. Белозеров, начальник сектора электропривода отдела научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, ОАО «Новая ЭРА»

В рамках Второго Международного Военно-морского салона IMDS-2005, прошедшего в Санкт-Петербурге в июле, состоялась презентация катера специального назначения пр. А-125. Как раз на этот катер ОАО «Новая ЭРА» по заказу «Морского завода «Алмаз» впервые осуществила поставку своей новой уникальной разработки – ДБУ-100 (двигатель безредукторный управляемый). В настоящее время судно передано в распоряжение Управления ФСБ по Петербургу и Ленинградской области и успешно им эксплуатируется.

Катер проекта А-125 был сдан Госкомиссии в конце прошлого года. Однако во время приемки судна заказчики ДБУ-100 (представители «Морского завода «Алмаз») предложили специалистам предприятия «Новая ЭРА» провести еще ряд исследований дополнительных возможностей и запасов ДБУ-100. Судостроители высказали пожелание увеличить частотный диапазон нагрузок при работе движущегося катера в десять и более раз (гораздо больше, чем изначально требовало техническое задание). По мнению специалистов ОАО «Морской завод «Алмаз», такие усовершенствования позволили улучшить гидродинамические свойства и мореходные качества судна.

Представляли новый катер специального назначения и демонстрировали всего его достоинства сразу несколько организаций – заказчики, проектанты, исполнители: ОАО «Морской завод «Алмаз», ООО «Агат Дизайн Бюро», ЗАО «Навис» и ОАО «Новая ЭРА».

КАТЕР КАК РЕЗУЛЬТАТ ДЕЛОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

В ходе презентации катер совершал в зоне его видимости с берега различные показательные маневры. Судно осуществляло циркуляции на переднем и заднем ходу, движение лагом, набор скорости с выходом из гавани в устье реки Нева, проход на полном ходу мимо входа в гавань, вход в гавань, экстренное торможение на траверзе причала, подход к причалу, швартовку и другие операции.

Об уникальных качествах и неординарных возможностях катера проекта А-125 рассказывали генеральный директор ОАО «Морской завод «Алмаз» Владимир Середохо, главный конструктор ООО «Агат Дизайн Бюро» Сергей Породников, началь-

ник отдела НИОКР ОАО «Новая ЭРА» Юрий Кулагин. По их словам, в катере, презентуемом на Военно-морском салоне, были реализованы технические решения, применяемые сегодня в аэрокосмической отрасли – это безредукторные двигатели с микропроцессорным управлением. С помощью ДБУ, управляемых бортовым вычислительным комплексом фирмы «Навис», катеру А-125 удалось обеспечить повышенные скоростные качества за счет стабильности направления вектора тяги при снижении тормозящего влияния качки судна системой умерения качки. Совокупность качественных характеристик обеспечивает синхронным машинам с постоянными магнитами большое будущее.

Немаловажный момент отметил в своей речи Юрий Кулагин: «Представляемый катер А-125 – это успешная реализация делового сотрудничества предприятий, сложившегося в процессе совместной работы. И, может быть, это даже главный результат, с которым стоит всех поздравить». ■



Внешний вид ДБУ-100



Катер «Валентин Чуйкин» (пр. А125)



СУДОПЛАСТ СЕРВИС
SUDOPLAST SERVICE

Впервые фирма «Судопластсервис» заявила о себе в 1991 г., представив на рынке России судовые подшипники своей конструкции для винто-рулевого комплекса (ВРК) речных и морских судов.

Умелое сочетание организационного, производственного и научного потенциалов позволило фирме в короткий срок расширить рынок сбыта и ассортимент выпускаемой продукции.

ООО «Судопластсервис» является лауреатом ряда промышленных выставок России («Российский промышленник», «Нева», «Военно-Морской Салон» и др.), обладает большим опытом в области применения полимерных антифрикционных материалов в узлах трения. Судовые подшипники фирмы «Судопластсервис» защищены патентами России, Финляндии, Франции и Германии, одобрены к применению Российским Морским Регистром судоходства, Российским Речным Регистром, а также «Lloyd's Register» и «Germanischer Lloyd».

В качестве антифрикционного материала в подшипниках используется полиамид 6-блочный (капролон), ТУ 6-05-988-87, производство которого освоено фирмой «Судопластсервис» в 1993 г.

Конструктивные особенности дейдвудных подшипников (абразивоотводящие внутренние и наружные канавки, увеличенный объем рабочей зоны) обеспечивают их надежную работу на всех режимах эксплуатации судов, в т.ч. при работе на мелководье, где присутствует повышенное содержание абразива в охлаждающей воде, и на аварийных режимах при временном (до 10 мин) прекращении подачи охлаждающей воды. Подшипники выпускаются по ТУ 6446-486.01-93 «Подшипники скольжения капролоновые с наклонными спиралевидными канавками для гребных валов». Безремонтный период эксплуатации подшипников для судов, плавающих в морских и других глубоководных районах, – не менее 8 лет, во внутренних водоемах – не менее 5 лет.

В качестве альтернативы бронзовым подшипникам баллеров рулей и насадок фирмой была разработана принципиально новая конструкция (ТУ 6411-422.01-95 «Подшипники скольжения баллеров рулей с капролоновыми вкладышами»), позволяющая значительно снизить удельные нагрузки на баллер за счет увеличения площади контакта в зоне трения. Наличие компенсато-

ПОДШИПНИКИ ДЛЯ ВИНТО-РУЛЕВОГО КОМПЛЕКСА МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ

ров значительно уменьшило вибрационные и ударные нагрузки, возникающие на пере руля или насадке и передающиеся на корпус судна. Применение воды в качестве смазки сделало подшипники экологически чистыми при эксплуатации. Безремонтный период эксплуатации – не менее 10 лет.

Подшипники ВРК поставляются в стальных или латунных втулках с припуском по наружному и внутреннему диаметрам.

Стоимость подшипников фирмы «Судопластсервис» в несколько раз ниже стоимости аналогичных подшипников зарубежных производителей при идентичных технических характеристиках.

Для судов, работающих в загрязненных бассейнах с большим содержанием абразивных частиц, фирма разработала и внедрила дейдвудные подшипники принципиально новой конструкции. Это роликовые подшипники качения с резиновыми роликами и облегченным пластиковым сепаратором. Ролики подшипника изготовлены из специально разработанного материала, отличающегося высокой износо-, масло- и бензостойкостью. Материал и конструкция роликов позволили значительно увеличить нагрузочную способность и износостойкость подшипника. Применение данного типа подшипников позволяет экономить до 2% топлива за счет уменьшения потерь на трения при пуске и эксплуатации.

Опыт эксплуатации подшипников фирмы «Судопластсервис», установленных более чем на 150 речных и морских судах, ледоколах и буксирах показал их надежную работу.

Фирма также производит подшипники из различных конструкционных пластмасс для насосов и других вспомогательных механизмов. ■

194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Гельсингфорсская, д.4, корп. 1;
тел.(812) 380-07-47, 380-0746; тел./факс (812) 380-07-46;
email: sale@sudoplast/spb/ru;
http: //www.sudoplast.spb.ru

В прошлом году отечественное дизелестроение отметило знаменательную дату – 105-летие проведения испытаний первого отечественного дизеля в декабре 1899 г. на заводе Нобеля в Петербурге.

Постройке и испытанию отечественного дизеля предшествовали следующие исторические факты. В 1892 г. Рудольф Дизель запатентовал, а в 1893 г. опубликовал «Теорию и конструкции рационального топливного двигателя». Идея двигателя состояла в том, что воздух в цилиндре сжимался до 200 бар и во время верхней мертвой точки в камеру сгорания впрыскивался порошкообразный уголь, после чего он должен воспламениться и гореть по изотерме. Таким образом, цикл горения должен был осуществляться по циклу Карно. Испытания такого дизеля в 1893 г. оказались неудачными: его не удалось даже запустить. Это был двигатель без охлаждения, с камерой в поршне, с одним клапаном для впуска и выпуска и открытой форсункой. В следующем году изобретатель проводит испытания следующего двигателя, в котором уже предусмотрено воздушное охлаждение, вместо угольной пыли используется светильный газ и бензин, новые в то время виды топлива. Эти усовершенствования позволили осуществить пуск двигателя и его работу в течение минуты.

В 1895 г. Р. Дизель ставит следующую серию экспериментов. По сравнению с предыдущим в новом двигателе внесен ряд изменений:

- введено охлаждение цилиндра и крышки;
- в качестве топлива принят керосин;
- степень сжатия снижена до 13, что обеспечивало в конце сжатия давление 32–36 бар;
- керосин распылялся сжатым воздухом при давлении 38–60 бар;
- процесс сгорания протекал при постоянном давлении по изобаре.

Этот двигатель уже работал на холостом режиме; имел расход керосина 520 г/кВт·ч, механический КПД 54%. В 1896 г. проводится еще одна серия экспериментов, после которых удаётся создать промышленный дизель мощностью 56 кВт.

В феврале 1896 г. Эммануэль Нобель (сын Людвига Нобеля) после длительных переговоров покупает лицензию и комплект чертежей двигателя Дизеля мощностью 15 кВт, работающего на керосине. В течение года сотрудники завода переконструируют этот двигатель и в декабре 1899 г. проводят его испытания. Они оказались успешными, но дали несколько неожиданные результаты: русский дизель оказался не только достойным своего заграничного собрата, но даже превзо-

ТАК НАЧИНАЛОСЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СУДОВОЕ ДИЗЕЛЕСТРОЕНИЕ

В.К. Румб, проф., СПбГМТУ

шел его по экономичности – расход топлива составил 300 г/кВт·ч вместо 330 г/кВт·ч, причем топливом ему служила сырая нефть [1].

Первый русский дизель (рис. 1) был вертикальный, колонного типа, т.е. с открытым кривошипно-шатунным механизмом, крейцкопфный, компрессорный со вставной втулкой цилиндра, четырехтактный, размерностью 26/41, мощностью 16 кВт при 180 мин⁻¹. Позже была достигнута мощность 18 кВт.

Дальнейшие опыты с новыми дизельными моторами показали их неоспоримые преимущества, и приоритет по их внедрению на гражданские и военные суда стал принадлежать нашей стране.

Первый в мире теплоход – трехвинтовая нефтеналивная баржа «Вандал» (рис.2) был построен в 1903 г. Сормовским заводом. Инициатором строительства был К.П. Боклевский, а заказчиком – товарищество «Братья Нобель». Размеры теплохода: длина – 74,6 м, ширина – 9,7 м, высота борта – 2,4 м, осадка с грузом – 1,8 м, водоизмещение – 800 т. Дизельная установка «Вандала» включала в себя три двигателя ЗЧ 29/43, мощность каждого 90 кВт при 240 мин⁻¹. Поскольку двигатели были неререверсивными, на судне применили электрическую передачу.

Удачная эксплуатация «Вандала» по доставке керосина в Петербург предопределила строительство еще одного теплохода «Сармат» (1904 г.). Его установка состояла из двух главных двигателей 4Ч 32/42, мощностью по 140 кВт при 240 мин⁻¹ и одного вспомогательного двигателя мощностью 8 кВт для внутреннего электроснабжения. Это были первые двигатели, которые имели систему управления для изменения частоты вращения от 72 до 240 мин⁻¹. Реверсирование осуществлялось по схеме Дель-Пропосто: переносимый ход – работа дизелей непосредственно на гребные валы, задний – электромоторами. На «Сармате» достигли фантастической по тем временам экономии топлива: суточный расход нефти не превышал 1150 кг вместо 6500 кг у аналогичного парохода. Интересно отметить, что «Сармат» эксплуатировался на Волге до 1945 г. [2].

Дизелезация военного кораблестроения началась в 1908 г., когда была построена подводная лодка «Минога» с двумя двигателями ЗЧР 27,5/30 мощностью 88 кВт при 400 мин⁻¹. Это были первые в мире реверсивные двигатели (рис.3). Ревверс на этой подводной лодке осуществлялся за 10–12 с, для чего на распределительном валу был установлен двойной комплект кулачных шайб. Удельная масса этих

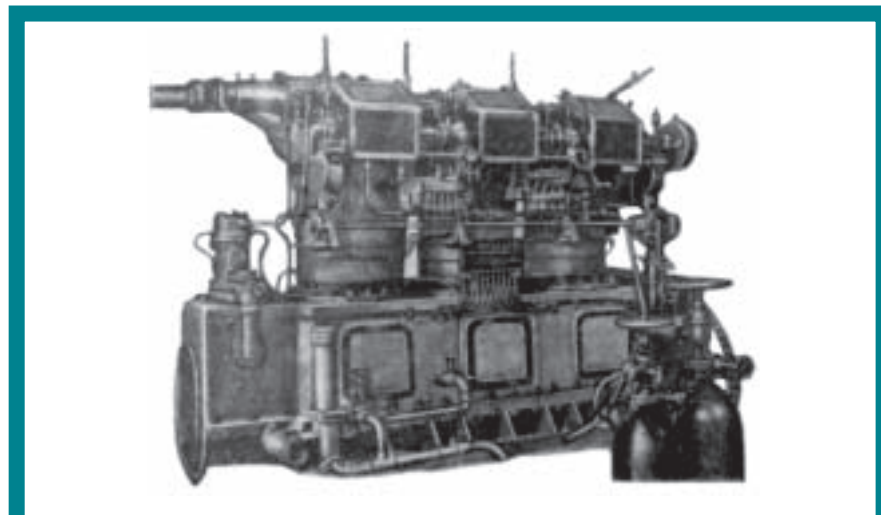


Рис. 1. Первый дизель-мотор, работавший на сырой нефти

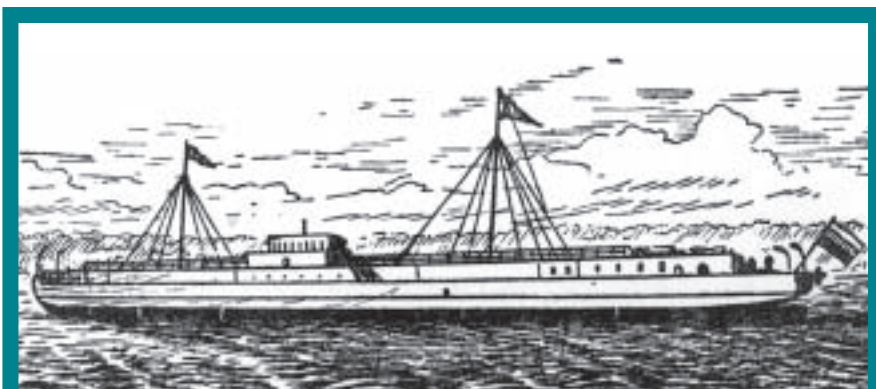


Рис. 2. Первый в мире теплоход «Вандал»

двигателей не превышала 20 кг/кВт. Основные размеры лодки: длина – 35,7 м, ширина – 2,7 м, водоизмещение – 117 т. С 1909 г. на заводе Нобеля начинается серийный выпуск судовых дизелей 4Ч 33/38 мощностью 184 кВт при 350 мин⁻¹ (рис.4). Первые четыре двигателя этой серии были установлены на канонерской лодке для Амурской флотилии «Шквал» водоизмещением 946 т, длиной 70,7 м, шириной 12,8 м и осадкой 1,2 м. Реверсирование обеспечивалось упомянутой передачей Дель-Пропосто.

Примерно в те же годы началось освоение судовых дизелей на Коломенском заводе. Первый дизель этого завода 4Ч 35/53 мощностью 20 кВт при 240 мин⁻¹ был установлен на речном буксире «Мысль» в 1908 г. Его длина – 49 м, ширина – 7,6 м, осадка – 0,61 м. Реверсирование судна осуществлялось посредством упругоневматической муфты, предложенной инженером Р.А. Корейво. В 1912 г. завод спустил на воду двухвинтовой теплоход «Бородино». Его энергетическая установка состояла из двух главных реверсивных двигателей 6Ч 41/56 мощностью 440 кВт при 250 мин⁻¹ и двух дизель-генераторов по 22 кВт для внутреннего электроснабжения.

Рассматриваемый исторический период характеризуется интенсивным внедрением дизелей на судах. По числу теплоходов Россия к 1912 г. занимала ведущее положение в мире, ею было построено 79 теплоходов, на которых установлено 176 дизелей суммарной мощностью 30,5 тыс.кВт. К 1917 г. двумя упомянутыми заводами было выпущено 1090 дизелей общей мощностью 122 тыс.кВт, из них 63% приходилось на долю завода Нобеля.

Последующие годы в ходе войны и революции не остались бесследными для кораблестроения и двигателестроения. Они, как и вся отечественная промышленность, пришли к полному упадку. Морской флот не обеспечивал нужды страны, так как большинство судов погибло, а оставшиеся морально

и физически устарели. Поэтому восстановительный период характеризуется интенсивным развитием судостроения. За годы первой пятилетки (1928–1932 гг.) было построено 216 судов и кораблей общей мощностью 142 000 кВт, на долю дизелей приходилось 89 000 кВт. Благодаря своим очевидным преимуществам дизели стали вытеснять паровые машины, а на наземном транспорте ДВС оказались вне конкуренции. За первую пятилетку было произведено моторов суммарной мощностью 339 000 кВт, т.е. в 1,5 раза больше их выпуска в России за всю историю до 1917 г.

К началу восстановительного периода судовые дизели могли поставлять только два завода: «Русский дизель» (в прошлом завод Нобеля) и Коломенский машиностроительный завод. Два других завода – «Двигатель революции» и «Красное Сормово» – ограничивались выпуском лишь запасных частей.

Возобновление работы «Русского дизеля», специалисты которого имели значительный опыт производства судовых дизелей, началось в 1923 г. [3]. Одним из первых был дизель 6ДКР 41/60 мощностью 550 кВт при 180 мин⁻¹. В нем была предусмотрена картерная конструкция с анкерными связями. Для повышения надежности была введена циркуляционная смазка подшипников коленчатого вала. Среднее эффективное давление – 4,8 бар, удельная масса составляла – 100 кг/кВт. В составе двухмашинных установок эти двигатели были установлены на танкерах «Азнефть» и «Грознефть» водоизмещением около 5000 т. При этом строители Балтийский завод и Северная верфь воспользовались корпусами недостроенных и заложенных еще в 1915 г. крейсеров «Адмирал Грейг» и «Адмирал Спиридов» [4].

В 1925 г. завод получил заказ на срочное изготовление 12 дизелей мощностью около 1500 кВт. Ввиду срочности заказа было принято решение воспользоваться чертежами двигателя, который был разработан на заводе еще

в 1915 г. Это были крейцкопфные компрессорные реверсивные двухтактные двигатели размерностью 65/86, шестцилиндровые. Они сохраняли традиционную для того времени компоновку колонного типа с открытым кривошипно-шатунным механизмом. Рамовые и шатунные подшипники были доступны для механика, он мог, не останавливая двигатель, рукой определять их температуру. Хотя эти двигатели разрабатывались относительно давно, по своим параметрам они не уступали современным моторам. Их среднее эффективное давление составляло 5 бар, средняя скорость поршня – 3,3 м/с; расход топлива – 255 г/кВтч, удельная масса – 190 кг/кВт. Первый двигатель этой серии был установлен на грузопассажирском рефрижераторе «Ян Рудзутак» водоизмещением 5600 т, построенном Северной верфью. Его скорость достигла 12 уз. Аналогичный теплоход «Алексей Рыков» сооружался на Балтийском заводе. Постройка обоих судов была завершена в 1928 г. Теплоход «Смолярный», отнотипный рассмотренным, впервые пришвартовался в лондонском порту в 1928 г. Этому событию журнал «Моторшип» посвятил обширную статью, в которой особо были отмечены на отдельные каюты для членов команды, столовая, красный уголок, прачечная и сушилка, чего на иностранных судах тогда еще не было. Главные двигатели на этих судах эксплуатировались более 45 лет.

Для комплектации судовых установок требовались вспомогательные двигатели мощностью 73–110 кВт при

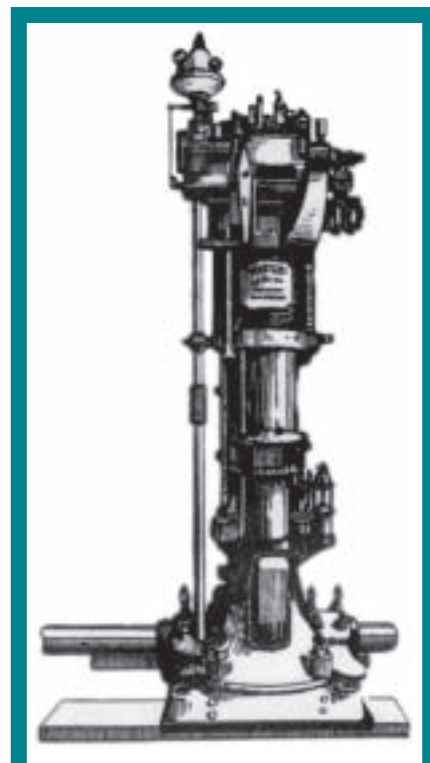


Рис. 3. Первый в мире четырехтактный реверсивный двигатель

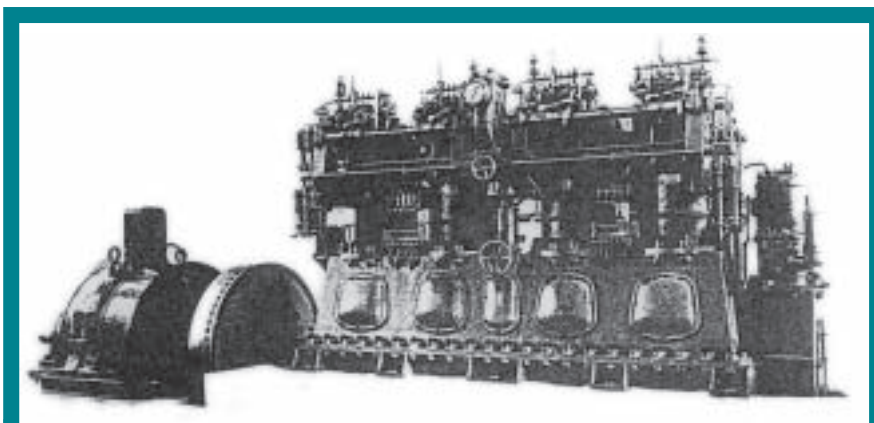


Рис.4. Дизель 1433/38 для Амурской флотилии

300 мин⁻¹. Были разработаны двигатели Д 27,5/35 с поршневым продувочным насосом. Топливные и масляные насосы приводились непосредственно от коленчатого вала, форсунка – закрытого типа. Так были созданы первые бескомпрессорные дизели с насосом высокого давления. Головной дизель испытывался 21 февраля 1925 г. Было установлено, что за счет организации механического распыливания топлива мощность двигателя возросла на 15, расход топлива снизился на 10, а масса – на 20 % [5, 6].

Несмотря на достигнутые успехи полностью удовлетворить запросы морского флота в дизелях заводам не удавалось из-за технической отсталости. Для ликвидации этой проблемы был заключен с фирмой «Зульцер» лицензионный договор на десятилетний срок. В соответствии с этим договором «Русский дизель», Харьковский и Николаевский заводы начали получать техническую документацию, позволяющую производить четыре типа судовых дизелей: «S-68», «RK-30», «TS-29» и «QLK-51».

Их основные технические показатели приведены в таблице.

В 1930–1931 гг. двигатели 4S-68 первыми среди лицензионных поступили на суда, строившиеся Северной верфью. Это были одноярусные грузопассажирские теплоходы «Макс Гельц» и «Бела Кун» водоизмещением 8150 т., предназначенные для Черноморско-Балтийской линии. Ими же оборудовались большие лесовозы типа «Волголес» и «Двинолес», построенные в 1932–1935 гг. Адмиралтейским заводом. Самые большие двигатели 6S-68 мощностью 2000 кВт устанавливались Северной верфью в течение 1938 и 1939 гг. на одноярусных рудовозах типа «Алексей Серов» и «Полина Осипенко», а также на двухвальных универсальных сухогрузах «Труд» и «Пролетарий», строящихся в Николаеве. Практически на всех перечисленных судах устанавливались в качестве вспомогательных дизели типа «RK-30». Эти весьма металлоемкие двигатели с предкамерным смесеобразованием позволяли использовать низкосортное топливо,

были технологичны и просты в обслуживании. С 1938 г. на судостроительные заводы вместо «RK-30» стали поступать бескомпрессорные двигатели «TS-29» вместо «RK-30». Выпуск крейцкопфных дизелей «QLK-51» был весьма мал.

Все двухтактные двигатели того времени, кроме дизеля «QLK-51», оборудовались поршневыми продувочными насосами. Они обладали рядом недостатков: большие габариты, неуравновешенность и неравномерность подачи воздуха. Ротативные воздушодувки были лишены этих недостатков, поэтому на «Русском дизеле» было освоено их производство, и начиная с 1936 г. ими оборудовались все двухтактные судовые двигатели [7].

Для разрабатываемых в те годы больших подводных лодок требовались компактные и мощные двигатели. Так как лицензионные двигатели не отвечали этим требованиям, заводу «Русский дизель» было поручено ответственное задание – создать дизель нового типа. В обещанный годичный срок двигатель 9ДКР 51/55 мощностью 3100 кВт при 400 мин⁻¹ был предъявлен заказчику в 1938 г. Это был первый в мире высокофорсированный, среднеоборотный бескомпрессорный дизель со средним эффективным давлением 4,7 бара, средней скоростью поршня 7,3 м/с и рекордной по тому времени удельной массой 20 кг/кВт.

Подводные лодки с этими дизелями принимали активное участие в Великой Отечественной войне в составе Северного флота. На базе этого двигателя в 1939 г. была разработана конструкция судового реверсивного двигателя 8ДР 43/61, в серийное производство он поступил только после Великой Отечественной войны. ■

Основные показатели лицензионных судовых дизелей

Дизель	Марка	Цилиндровая мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Среднее эффективное давление, МПа	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Удельная масса, кг/кВт
«S-68»	ДКРВ 68/120	330	100	0,47	252	163
«RK-30»	ДКВ 30/40	37	300	0,26	286	82
«TS-29»	ДР 29/50	74	300	0,45	245	55
«QLK-51»	ДКВ 51/55	368	420	0,5	252	25

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваншейдт В.А. К истории развития двигателей дизеля на заводе «Русский дизель» // Дизелестроение. – 1937. – № 6. – С. 5–10.
2. Яковлев И.И. Корабли и верфи. – Л.: Судостроение, 1970. – С. 384.
3. Ваншейдт В.А. Дизелестроение на заводе «Русский дизель» после Октября // Дизелестроение. – 1937. – № 11. – С. 16–28.

4. Сытов Н.П., Фрид Е.Г. Развитие отечественного морского судостроения // Судостроение. – 1985. – № 8. – С. 12–15.
5. Гутниер К.Г., Кац А.М. Модернизация двигателя серии 2400 завода «Русский дизель» // Дизелестроение. – 1937. – № 3. – С. 28–34.
6. Истошин П.А., Румб В.К. Всеволод Александрович Ваншейдт // Двигателестроение. – 1990. – № 8. – С. 55–58.
7. Матвеев И.П. Испытание ротативной воздушодувки завода «Русский дизель» // Дизелестроение. – 1937. – № 5. – С. 31–33. ■

УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГИИ РАБОЧИХ КАНАЛОВ РАДИАЛЬНЫХ ТУРБОМАШИН В ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Г.М. Басалыгин, *д-р техн. наук, проф.*,
ГМА им. адмирала С.О. Макарова

При исследовании переходных режимов работы газотурбинных двигателей (ГТД) и систем газотурбинного наддува ДВС широко используется квазистатистический подход при формировании математической модели динамики турбомашин (турбин и лопаточных компрессоров), входящих в состав ГТД либо систем наддува ДВС [1–7] и др. Квазистатистические модели применяются по причине отсутствия разработанных динамических моделей тепловых турбомашин, в том числе радиального (и осерадиального) типа.

Применение квазистатистической математической модели для описания динамических режимов радиальных турбомашин существенно увеличивает погрешность моделирования переходных процессов в системах наддува ДВС, а также в ГТД при наличии в составе последних радиальных турбомашин. Такая модель не позволяет выявить условия возникновения неустойчивых режимов работы радиальных лопаточных компрессоров и исследовать их влияние на рабочие процессы ГТД и систем наддува ДВС.

Первый шаг по разработке математической модели динамики радиальных турбомашин выполнен в работе [8]. Получены уравнения силового взаимодействия между рабочими лопатками и протекающим через каналы рабочего колеса газом. Уравнения учитывают как статическую, так и динамическую составляющие силового взаимодействия, оказывающие влияние на динамику вращательного движения роторов радиальных и осерадиальных турбомашин обоих типов: лопаточных центробежных компрессоров и центробежных (либо центробежных) турбин.

Полученные в работе [8] уравнения динамики рабочих колес турбомашин являются составной частью единой математической модели, описывающей переходные и динамические процессы радиальных турбомашин турбокомпрессоров (ТК), входящих в состав ГТД либо системы наддува ДВС. Единая математическая модель обязательно должна включать также динамические варианты уравнений энергии и количества движения, записанные для массы газа в рабочих и направляющих каналах радиальных и осерадиальных турбомашин (турбин и лопаточных компрессоров).

Невозможно разработать адекватную протекающим процессам замкнутую математическую модель динамики радиальных турбомашин без учета закона сохранения энергии в их рабочих каналах. В целях упрощения задачи можно ограничиться рассмотрением относительного движения потока, что избавляет от необходимости учитывать влияние работы кориолисовой силы инерции. Достаточно учесть зависимость полной энергии потока в каналах рабочего колеса от центробежной силы инерции. Влияние же кориолисовой силы инерции на техническую работу и энергию потока в каналах рабочего колеса учтено в уравнениях, полученных в работе [8] при рассмотрении абсолютного движения потока.

Поставленная в данной работе задача реализуется, как и ранее [8], в рамках теории одномерного течения газа через каналы турбомашины с использованием динамической модели в сосредоточенных параметрах рабочего тела, что существенно упрощает численное решение математической модели. Под радиальными понимаются не только чисто радиальные, но также осерадиальные и радиально-осевые турбомашины, т.е. имеющие осевой вход газа на рабочее колесо (центробежные компрессоры) либо осевой выход из рабочего колеса (центробежные турбины).

При выводе динамического варианта уравнения энергии процессы, протекающие в обоих типах радиальных турбомашин, а именно в центробежных (ц.б) компрессорах и в центростремительных (ц.с), а также и в центробежных турбинах, рассматриваются с единых позиций. Вывод выполнен применительно к рабочему колесу центробежного компрессора, схематично представленного на рис. 1,а.

Динамическое уравнение энергии для элементарной массы газа dm , заполняющей элементарный кольцевой конечный объем dV в произвольном меридиональном сечении x_m каналов рабочего колеса радиальной (осерадиальной) турбомашины (рис.1), можно представить, рассматривая относительное движение потока газа, в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{d}{dt} dI_w^* = \frac{d}{dt} dQ_M + \frac{d}{dt} dQ_F + \frac{d}{dt} dL_{u.c.}, \quad (1)$$

где dI_w^* – полная энтальпия массы газа dm в относительном движении, Дж, равная

$$dI_w^* = i_w^* dm = \left(i + \frac{W^2}{2}\right) dm; \quad (2)$$

dQ_M, dQ_F – элементарные значения энергии, вносимой в массу газа dm протекающим через канал (dQ_M) и в результате теплообмена с металлом рабочего канала (dQ_F), Дж; $dL_{u.c.}$ – элементарная работа центробежной силы dF_u , действующей на элементарную массу dm , Дж, равная

$$dL_{u.c.} = dF_u dr = dm \omega^2 r dr, \quad (3)$$

i, i_w^* – удельные значения энтальпии газа статической (i) и полной в относительном движении (i_w^*), Дж/кг; $W, W^2/2$ – относительная скорость, м/с, и удельная кинетическая энергия, $m^2/c^2 = \text{Дж/кг}$; ω – угловая скорость рабочего колеса, рад/с; r, dr – средний радиус меридионального поперечного сечения x_m каналов рабочего колеса (см. рис.1) и его элементарное приращение, м.

Элементарная масса газа dm , входящая в зависимости (2), (3) и уравнение (1), определяется по формуле

$$dm = \rho dV = \rho S_m dx_m, \quad (4)$$

в которой ρ – удельная плотность газа, кг/м³; S_m – площадь произвольного поперечного меридионального сечения рабочих каналов, равная

$$S_m = 2\pi r k_2 b_m, \quad (5)$$

где b_m – ширина меридионального сечения рабочих каналов, м; k_z – коэффициент, учитывающий загромождение лопатками меридионального сечения рабочего колеса.

Уравнение сплошности потока, записанное для меридионального сечения S_m , имеет вид

$$G = \rho S_m W_m = \rho S_m C_m \quad (6)$$

где G – расход газа через сечение, кг/с; W_m, C_m меридиональные составляющие относительной W и абсолютной C скоростей потока, м/с, осредненные в сечении S_m .

Член в левой части уравнения (1) можно с учетом зависимости (2) представить в виде *полной производной*, равной

$$\frac{d}{dt} dI_w^* = \frac{d}{dt} (i_w^* dm) = \frac{\partial}{\partial t} (i_w^* dm) + \frac{\partial (i_w^* dm)}{\partial x_m} \frac{dx_m}{dt}. \quad (7)$$

Учитывая значение частной производной по времени от пространственной координаты $dx_m/dt = W_m = C_m$, второй член в правой части равенства (7) можно представить, принимая во внимание уравнения (6) и (4), в виде

$$\begin{aligned} W_m \frac{\partial}{\partial x_m} (i_w^* dm) &= \frac{G}{\rho S_m} dm \frac{\partial i_w^*}{\partial x_m} = \\ &= \frac{G}{\rho S_m} (\rho S_m dx_m) \frac{di_w^*}{dx_m} = G di_w^*. \end{aligned} \quad (8)$$

Первый член в правой части равенства (7) можно представить с учетом зависимости (4), если перейти от частных производных к обыкновенным

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (i_w^* dm) &= dm \frac{\partial i_w^*}{\partial t} + i_w^* \frac{\partial}{\partial t} dm = \\ &= \rho_0 S_m dx_m \left(\bar{\rho} \frac{di_w^*}{dt} + i_w^* \frac{d\bar{\rho}}{dt} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь и далее индексом ноль (“0”) помечены значения параметров и величин на исходном установившемся режиме (например плотность газа ρ_0), а чертой сверху их относительные значения. Так, $\bar{\rho} = \rho/\rho_0$ – относительная плотность газа в рассматриваемый момент времени.

Уравнение энергии (1) после подстановки в его левую часть значения (7) с учетом (8) и (9) примет вид

$$\begin{aligned} \rho_0 S_m dx_m \left(\bar{\rho} \frac{di_w^*}{dt} + i_w^* \frac{d\bar{\rho}}{dt} \right) + G di_w^* &= \\ &= \frac{d}{dt} dQ_M + \frac{d}{dt} dQ_F + \frac{d}{dt} dL_{u.c.} \end{aligned} \quad (10)$$

Все значения параметров и величин в уравнениях и зависимостях (1)...(10) относятся к элементарной массе dm , расположенной на произвольном расстоянии x_m от входа в рабочее колесо. При этом используются значения параметров (энтальпии i и i^* , плотности ρ и др.), осредненные по площади поперечного сечения S_m .

Выполнив интегрирование уравнения (10) по пространственной координате x_m от входного сечения рабочего колеса 1 до выходного сечения 2, получим уравнение энергии для рабочего колеса в целом [с учетом зависимости (3)]:

$$\begin{aligned} m_{\kappa 0} \left(\bar{\rho}_{\kappa} \frac{di_{w\kappa}^*}{dt} + i_{w\kappa}^* \frac{d\bar{\rho}_{\kappa}}{dt} \right) + G_{\kappa} (i_{w2}^* - i_{w1}^*) &= \\ &= \frac{dQ_{M\kappa}}{dt} + \frac{dQ_{F\kappa}}{dt} + \int_1^2 \frac{d}{dt} (dm \omega^2 r dr), \end{aligned} \quad (11)$$

где $m_{\kappa 0}$ масса газа, заполняющего каналы рабочего колеса на исходном установившемся режиме (кг), согласно зависимости (4) равная

$$m_{\kappa 0} = \int_1^2 \rho_0 S_m dx_m; \quad (12)$$

$i_{w\kappa}^*$ – осредненное значение полной удельной энтальпии газа в каналах рабочего колеса, Дж/кг, равное

$$i_{w\kappa}^* = \frac{I_{w\kappa}^*}{m_{\kappa}} = \frac{\int_1^2 i_w^* \rho S_m dx_m}{\int_1^2 \rho S_m dx_m}; \quad (13)$$

$I_{w\kappa}^*$ – общая (суммарная) полная энтальпия массы газа m_{κ} , аккумулированной в каналах рабочего колеса, Дж;

$\bar{\rho}_{\kappa} = \rho_{\kappa}/\rho_{\kappa 0}$ – относительная осредненная плотность газа в каналах рабочего колеса, зависящая от осредненной плотности

$$\rho_{\kappa} = \frac{m_{\kappa}}{V_{\kappa}} = \frac{\int_1^2 \rho S_m dx_m}{\int_1^2 S_m dx_m}; \quad (14)$$

V_{κ} – объем каналов рабочего колеса, м³; G_{κ} – расход газа через каналы рабочего колеса, осредненный по пространственной координате, кг/с; i_{w1}^*, i_{w2}^* – полная энтальпия i_w^*

во входном и выходном сечениях рабочего колеса, Дж/кг; $Q_{M\kappa}, Q_{F\kappa}$ – энергия (теплота), Дж, дополнительно подведенная к массе газа m_{κ} за время переходного процесса в результате энергообмена с протекающим через рабочие каналы потоком газа ($Q_{M\kappa}$) и в результате теплообмена с металлом рабочих каналов ($Q_{F\kappa}$).

Последний член в уравнении (11) с учетом зависимостей (4) и (6) можно представить как

$$\begin{aligned} \omega^2 \frac{dm}{dt} \int_1^2 r dr &= \omega^2 \rho S_m \frac{dx_m}{dt} \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} = \\ &= k_r \omega^2 \rho S_m W_m = k_r \omega^2 G_{\kappa}, \end{aligned} \quad (15)$$

где k_r – постоянный коэффициент, равный

$$k_r = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2}. \quad (16)$$

Можно показать, что последний член (15) в уравнении энергии (11) есть не что иное, как интенсивность работы центробежной силы $dL_{u.c.}/dt$ (мощность, Вт), подводимой к газу, протекающему через каналы рабочего колеса. Действительно, согласно (15) и (16),

$$G_{\kappa} \omega^2 \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} = G_{\kappa} \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} = G_{\kappa} l_{u.c.} = \frac{dL_{u.c.}}{dt}, \quad (17)$$

где u_1, u_2 – окружная скорость рабочего колеса во входном ($u_1 = \omega r_1$) и выходном ($u_2 = \omega r_2$) сечениях рабочего колеса, м/с; $l_{u.c.}$ – удельная работа центробежной силы, Дж/кг, равная

$$l_{u.c.} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} = k_r \omega^2. \quad (18)$$

Уравнение энергии каналов рабочего колеса (11) с учетом значения его последнего члена из равенства (15) можно

представить в виде (разрешив относительно $di_{W\kappa}^*/dt$)

$$\begin{aligned} \frac{di_{W\kappa}^*}{dt} = & \frac{1}{T_{m\kappa}} \frac{\bar{G}_\kappa}{\bar{\rho}_\kappa} [k_r \omega^2 - 2(i_{W\kappa}^* - i_{W1}^*)] + \\ & + \frac{1}{m_{\kappa 0} \bar{\rho}_\kappa} \left(\frac{dQ_{M\kappa}}{dt} + \frac{dQ_{F\kappa}}{dt} \right) - \\ & - \frac{i_{W\kappa}^*}{\bar{\rho}_\kappa} \frac{d\bar{\rho}_\kappa}{dt}. \end{aligned} \quad (19)$$

Здесь $T_{m\kappa} = m_{\kappa 0} / G_{\kappa 0}$ – постоянная времени материального баланса рабочего колеса, с.

В уравнении (19) выполнена замена

$$i_{W2}^* - i_{W1}^* \approx 2(i_{W\kappa}^* - i_{W1}^*), \quad (20)$$

вытекающая из приближенного равенства

$$i_{W2}^* \approx 2i_{W\kappa}^* - i_{W1}^*. \quad (21)$$

Последний член уравнения энергии (19) определяется из динамического уравнения материального баланса каналов рабочего колеса

$$m_{\kappa 0} \frac{d\bar{m}_\kappa}{dt} = G_1 - G_2,$$

которое после подстановки в $\bar{m}_\kappa = m_\kappa / m_{\kappa 0}$ значений m_κ и $m_{\kappa 0}$, согласно зависимостям (14) и (12), принимает вид

$$\frac{d\bar{\rho}_\kappa}{dt} = \frac{1}{T_{m\kappa}} (\bar{G}_1 - \bar{G}_2). \quad (22)$$

Здесь $G_1, \bar{G}_1, G_2, \bar{G}_2$ – абсолютные, кг/с, и относительные (\bar{G}) значения расхода газа через входное 1 и выходное 2 сечения рабочего колеса.

Влияние энергии, дополнительно вносимой в объем рабочего колеса за время переходного процесса, определяется в уравнении (19) членом, с учетом приближенного равенства (21), равным

$$\begin{aligned} \frac{1}{m_{\kappa 0} \bar{\rho}_\kappa} \frac{dQ_{M\kappa}}{dt} = & \frac{1}{T_{m\kappa} \bar{\rho}_\kappa} [(\bar{G}_1 + \bar{G}_2)(i_{W1}^* - i_{W1,0}^*) - \\ & - 2\bar{G}_2(i_{W\kappa}^* - i_{W\kappa 0}^*)]. \end{aligned} \quad (23)$$

Влияние теплообмена между газом, протекающим через рабочие каналы, и металлом рабочих каналов учитывается уравнениями следующего вида (на примере теплообмена с металлом рабочих лопаток):

$$\frac{dQ_{F\lambda}}{dt} = \alpha_{\lambda 0} \bar{\alpha}_\lambda F_\lambda \left[\frac{i_{\kappa 0}}{c_p} (1 - \bar{i}_\kappa) - \frac{Q_{F\lambda}}{q_\lambda} \right], \quad (24)$$

где $\bar{\alpha}_\lambda = \alpha_\lambda / \alpha_{\lambda 0}$ – относительное значение соответствующего коэффициента теплоотдачи α_λ ($\alpha_\lambda, \alpha_{\lambda 0}$ – Вт/м²К); F_λ – поверхность теплообмена, м²; $\bar{i}_\kappa = i_\kappa / i_{\kappa 0}$ – относительное значение статической энтальпии i_κ , осредненной в объеме рабочих каналов; c_p – удельная изобарная теплоемкость газа, Дж/(кг К); q_λ – общая (суммарная) теплоемкость металла рабочих лопаток, Дж/К.

Вывод уравнения, подобного (24), выполнен в работе [9]. Аналогичные уравнения составляются также для $Q_{F\delta}$

и $Q_{F\kappa}$, они позволяют учитывать влияние теплообмена газа с металлом диска рабочего колеса ($Q_{F\delta}$) и металлом прилегающего к рабочему каналу статора ($Q_{F\kappa}$). При этом входящая в уравнение (19) величина $Q_{F\kappa}$ равна их сумме: $Q_{F\kappa} = Q_{F\lambda} + Q_{F\delta} + Q_{F\kappa}$.

Учитывая слабое влияние на энергию газа его теплообмена с металлом рабочего канала, допустимо вместо трех применить единое дифференциальное уравнение вида (24), записанное для $Q_{F\kappa}$, в котором используются суммарные значения поверхности теплообмена F_κ и общей теплоемкости q_κ металла, окружающего рабочие каналы, и подставляется средневзвешенное значение коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\kappa 0}$.

После подстановки в уравнение (19) значения входящего в него члена (23) оно примет вид

$$\begin{aligned} \frac{di_{W\kappa}^*}{dt} = & \frac{1}{T_{m\kappa} \bar{\rho}_\kappa} \{ \bar{G}_\kappa [k_r \omega^2 - 2(i_{W\kappa}^* - i_{W1}^*)] + \\ & + (\bar{G}_1 + \bar{G}_2)(i_{W1}^* - i_{W1,0}^*) - 2\bar{G}_2(i_{W\kappa}^* - i_{W\kappa 0}^*) \} + \\ & + \frac{1}{m_{\kappa 0} \bar{\rho}_\kappa} \frac{dQ_{F\kappa}}{dt} - \frac{i_{W\kappa}^*}{\bar{\rho}_\kappa} \frac{d\bar{\rho}_\kappa}{dt}. \end{aligned} \quad (25)$$

Уравнение энергии рабочих каналов (25) можно представить в относительных величинах

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{i}_{W\kappa}^*}{dt} = & \frac{1}{T_{m\kappa} \bar{\rho}_\kappa} \{ \bar{G}_\kappa [k_{u\kappa} \Omega^2 - 2(\bar{i}_{W\kappa}^* - k_{iW1}^* \bar{i}_{W1}^*)] \\ & + k_{iW1}^* (\bar{i}_{W1}^* - 1)(\bar{G}_1 + \bar{G}_2) - \\ & - 2\bar{G}_2(\bar{i}_{W\kappa}^* - 1) \} + \frac{1}{\bar{\rho}_\kappa I_{W\kappa 0}^*} \frac{dQ_{F\kappa}}{dt} - \frac{\bar{i}_{W\kappa}^*}{\bar{\rho}_\kappa} \frac{d\bar{\rho}_\kappa}{dt} \end{aligned} \quad (26)$$

где $k_{u\kappa}, k_{iW1}^*$ – постоянные безразмерные коэффициенты, равные [$k_{u\kappa}$ с учетом формулы (18)]:

$$k_{u\kappa} = \frac{k_r \omega_0^2}{i_{W\kappa 0}^*} = \frac{u_{2,0}^2 - u_{1,0}^2}{2i_{W\kappa 0}^*}; \quad k_{iW1}^* = \frac{i_{W1,0}^*}{i_{W\kappa 0}^*}; \quad (27)$$

$\Omega = \omega / \omega_0$ – относительное значение угловой скорости; $I_{W\kappa 0}^*$ – значение $I_{W\kappa}^*$, определяемое по формуле (13), на исходном установившемся режиме, $I_{W\kappa 0}^* = m_{\kappa 0} i_{W\kappa 0}^*$, Дж.

Как видно из формулы (27), коэффициент $k_{u\kappa}$ характеризует влияние на динамику каналов рабочего колеса удельной работы центробежной силы.

Уравнения энергии (19), (25) и (26) справедливы для рабочих каналов всех типов радиальных турбомашин – центробежных радиальных и осердиальных компрессоров, являющихся потребителями энергии, и для радиальных и радиально-осевых центробежных (а также и центробежных) турбин, являющихся тепловыми двигателями. Однако представленная форма уравнений более приспособлена для использования в математической модели динамики центробежных турбомашин.

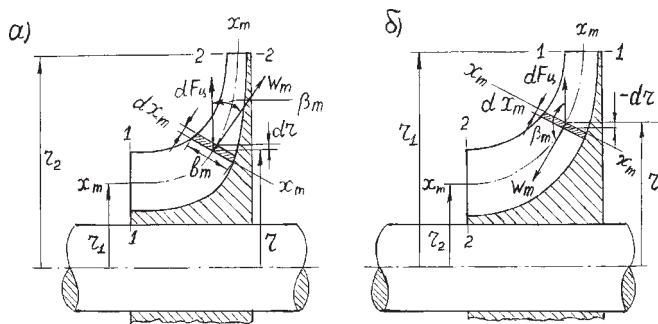


Рис.1. Схема меридионального сечения рабочего колеса радиальной (осерадиальной) турбомашин: а – осерадиального центробежного компрессора; б – радиально-осевой центростремительной турбины.

В рабочих каналах центростремительных турбин значения коэффициентов k_r и $k_{u.c.}$, согласно формулам (16) и (27), становятся отрицательными, поскольку $r_2 < r_1$. При этом удельная работа центробежной силы в соответствии с формулой (18) также становится отрицательной. Центробежная сила противодействует центростремительному движению потока, снижая его полную удельную энергию i_w^* . По этой причине член в квадратных скобках в уравнениях (19), (25) и (26), характеризующий пространственное изменение параметров потока, с целью сохранения его положительного значения целесообразно для центростремительной турбины представить в альтернативном виде, а именно:

$$\text{в уравнениях (19) и (25) - } [2(i_{w1}^* - i_{wk}^*) + k_r \omega^2];$$

$$\text{в уравнении (26) - } [2(k_{iw1}^* i_{w1}^* - i_{wk}^*) + k_{u.c.} \Omega^2].$$

Уравнения энергии в форме записи (25) или (26) входят составной частью в единую математическую модель динамики радиальной турбомашин (компрессора или турбины) наряду с ранее полученными динамическими уравнениями Эйлера [8], уравнениями динамики ротора тур-

бокомпрессора и уравнением количества движения массы газа в каналах рабочего колеса. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляр И.В. Частичные и переходные режимы работы судовых газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1966. – 290 с.
2. Котляр И.В., Гительман А.И., Ермольчик В.Н. и др. Переходные процессы в газотурбинных установках. – Л.: Машиностроение, 1973. – 254 с.
3. Гительман А.И. Динамика и управление судовых газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1974. – 320 с.
4. Сосунов В.А., Литвинов Ю.А. Неуставившиеся режимы работы авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.
5. Добрянский Г.В., Мартыанова Т.С. Динамика авиационных ГТД. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
6. Самсонов Л.А. Моделирование системы “главный судовой дизель – регулятор частоты вращения”: Тексты лекций. – М.: Рекламинформбюро ММФ, 1976. – 36 с.
7. Сыромятников В.Ф. Уравнения динамики дизеля с турбонаддувом как объекта регулирования частоты вращения вала. – Совершенствование эксплуатации энергетических установок судов: Сб. научных трудов ЛВИМУ им. адмирала С. О. Макарова. – М.: ЦРИА “Морфлот”, 1981, с.15–22.
8. Басалыгин Г.М. Моделирование динамики рабочих колес радиальных турбомашин турбокомпрессоров наддува ДВС. – Эксплуатация морского транспорта: Сб. науч. трудов ГМА им. адмирала С. О. Макарова. – СПб.: Наука, 2003.
9. Он же. Аналитическое исследование характера изменения параметров пара в объеме перед турбиной на переходных режимах. – Тр. ЦНИИМФ. Судовая энергетика и топливоиспользование. – 1980. – Вып. 260. – С. 69–78. ■



НОРДИМПЕКС®

ЭНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ
СУДОСТРОЕНИЕ



Лауреат Международной награды (Золотая медаль) «ЗА ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО В ДЕЛОВОЙ ПРАКТИКЕ» 2005 г.
Лауреат Международной награды «ЛАВРЫ СЛАВЫ» 2004 г.
Лицензия Российского Агентства по судостроению на ремонт вооружения и военной техники
Заключение, удостоверяющее наличие системы менеджмента качества
Свидетельство о соответствии предприятия Российского Морского Регистра Судоходства
Признание Российского Речного Регистра судоходства
Госзаказы от ГТУ ВМФ и морских частей ПС ФСБ
Член Национального Комитета Содействия Экономическому Сотрудничеству со странами Латинской Америки
Член Ассоциации судостроителей Украины «УКРСУДПРОМ»
Дилер ОАО «ЛЕНИНСКАЯ КУЗНИЦА» (Украина),
Агент ОАО «МЕЛИТОПОЛЬСКИЙ КОМПРЕССОР» и других предприятий Украины
Филиалы в Москве, Мурманске, Калининграде и представительства в Украине, ОАЭ и Индии

ООО «НОРДИМПЕКС»
Россия, С-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 2
тел/факс: (812) 378-66-88
тел/факс: (812) 329-36-34
тел/факс: (812) 329-36-39
e-mail: info@nordimpex.com
www.nordimpex.com

Комплексный ремонт флота
Комплексные поставки судового оборудования,
запасных частей, расходных материалов, различной арматуры
Таможенное оформление и доставка
Организация контрактов в области судоремонта и судостроения

WWW.ONHALIT.RU

Закрытое
Акционерное
Общество **ОХТАЛИТ**

Устали искать качественное литье?
Не тратьте драгоценное время!

Мы изготовим и обработаем Вам отливки
промышленного и художественного назначения
из бронза, латуни, чугуна.
Обращайтесь.

Наши специалисты проконсультируют вас бесплатно


МИНИМАЛЬНЫЕ СРОКИ!
ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА!
МИНИМАЛЬНАЯ ПАРТИЯ 1 шт.!

197342, Россия, Санкт-Петербург, ул. Сердобольская, д. 64
Тел./факс: (812) 591-71-70, 591-73-75, 242-00-35
WWW.ONHALIT.RU

ЗАО "Производственное Объединение"

ПЭС (812) 225 85 79 www.pestroy.spb.ru
(812) 225 84 55 www.pestroy.ru
"ПромэнергоСтрой" (812) 265 15 28 info@pestroy.ru

**ПОСТАВКА И МОНТАЖ
ФАЛЬШПОЛОВ**

Что за  ?

Вы больше не обязаны понимать эти символы.
Если груз застрахован у нас.

Альфастрахование. Простое решение.
Тел.: (812) 336-56-76, 336-56-82
www.alfastrah.ru,
e-mail: cargo@spb.alfastrah.ru



Лицензия № 4624 Д от 22.03.2004 г.




основана в 1991 г.
**ГЕНЕРАЛЬНАЯ
СТРАХОВАЯ
КОМПАНИЯ**

СТРАХОВАНИЕ:

- водных судов,
- грузов,
- имущества,
- автотранспорта

Все виды страхования
*Гарантия спокойствия
клиента*

Центральный офис: Тел: (812) 712-64-97, (98), (99);
190013, Санкт-Петербург, 317-94-94, 317-99-09
ул. Рузовская, 16 Факс: (812) 316-79-71
E-mail: office@gic.sp.ru www.generalinsurance.ru


 **ХМСЗ** ООО «Топливная аппаратура ХМСЗ»

Предлагает Предлагает Предлагает Предлагает

**Распылители, топливопроводы
и плунжерные пары для судовых
дизелей M50, M400, 6ЧСП 18/22, Д-6,
Д-12, SKODA 275, SKODA 160, SKODA 110,
NVD 48, NVD 36, NVD 26, VD 14,5/12,
Ч10,5/13, 6Ч12/14, Г-60, Г-70, ЗД6**

Уникальность предложения

Наличие современного оборудования,
в частности специальных станков UVA
(Швеция) и STUDER (Швейцария) позволяет
производить продукцию высокого качества.
Возможно изготовление распылителей
по чертежам и образцам заказчика.



141700, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Якова Гунина, д. 1
тел.: (095) 408-21-88; факс: (095) 408-24-36
www.tahmsz.ru; e-mail: tahmsz@mail.ru



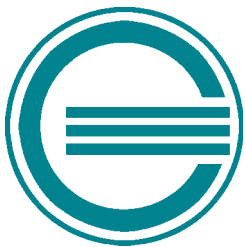
**Компания «LAKY VERF»
предлагает**

*Строительство моторных яхт
по проекту 23 M от известного
голландского дизайнера Guido de Groot*

Офис – 190000, г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, д. 37;
Тел.: +7(812)3802384,
Факс: +7(812)3802374;
E-mail: info@lakyverf/spb/ru

Верфь – 188691, Ленинградская обл.,
г. Шлиссельбург, Фабричный остров, 2;
Тел.: +7(81362)78750/751

www.lakyverf.spb.ru



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «Светотехнический завод «САТУРН»

ЗАО «Светотехнический завод «Сатурн» является родоначальником и крупнейшим в стране разработчиком и производителем судовой светотехнической продукции, такой как: сигнально-отличительные огни, светильники различного назначения с лампами накаливания, с люминесцентными лампами, аварийные аккумуляторные, взрывобезопасные, забортные, глубоководные, медицинские.

Завод выпускает также различные светильники для промышленных и общественных зданий и уличные светильники, освоил серию электрических щитов.

Светотехническая продукция отвечает самым высоким требованиям по эффективности, безопасности и надежности во всех условиях применения, имеет сертификат соответствия системы менеджмента качества по ISO 9001:2000, сертифицирована Речным и Морским Регистрами РФ.

На заводе функционирует Испытательная лаборатория светотехнических изделий, аттестованная Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22МО97), в которой проводятся все виды светотехнических и электротехнических измерений, климатические и механические испытания.

В настоящее время на заводе разрабатывается новое светотехническое оборудование с использованием электронных пускорегулирующих аппаратов, светодиодов, автоматических зарядно-подзарядных устройств и современных материалов.

Зам. генерального директора А.Г. Душин

ФОНАРЬ КРУГОВОЙ ПОДВЕСНОЙ ТИП 566В

Предназначен для обеспечения безопасности плавания и может быть использован в составе огней, например:

566В (белого огня) – якорного, «ограничен возможности маневрировать», рыболовного, лоцманского верхнего;

566В-1 (зеленого огня) – водолазного, рыболовного;

566В-2 (красного огня) – «лишен возможности управлять»,

«ограничен в возможности маневрировать», водолазного, рыболовного;

566В-3М (желтого огня) – санитарного;

566В-4 (синего огня) – дежурного, брандвахтенного.

Конструкция:

- Основание, крышка – сплав алюминиевый;
- Линза – стекло силикатное;
- Прокладка – резина;
- Винт заземления М4 – латунь.



СВЕТИЛЬНИК ВСТРАИВАЕМЫЙ С 2-МЯ Л/ЛАМПАМИ 20Вт, 50Гц ТИП СС-111М

Предназначен для общего освещения общественных и жилых помещений.

Конструкция:

- Корпус – сталь. Покрытие – эмаль белая;
- Рассеиватель – стекло органическое опаловое;
- Боковины – сталь оцинкованная. Покрытие – эмаль белая;
- 2 электронных ПРА.



СВЕТИЛЬНИК ТРЮМНЫЙ ТИП СС-833Б

Предназначен для общего освещения трюмов судов.

Конструкция:

- Корпус и зажимное кольцо – сплав алюминиевый;
- Рассеиватель – стекло силикатное, сетка из оцинкованной стали с покрытием серебристо-серой эмалью;
- Резиновая прокладка между стеклом и корпусом;
- Гайка сальника – пресс-материал;
- Винт заземления – латунь.



109518, Москва, 2-й Грайвороновский проезд, дом 40 «А», ИНН 7721026248,
Тел. (095) 171-99-23, Факс (095) 177-05-62, e-mail: info@stzsaturn.ru

МАШИНА ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ «СТРЕЛА» - НОВЕЙШАЯ РАЗРАБОТКА В ОБЛАСТИ РАСКРОЯ МЕТАЛЛА

В. Павлов, Д. Смагин, И. Комарова, К. Парфенов

Подъем производства в судостроительной и судоремонтной отрасли в последние годы вызвал необходимость в коренной модернизации и переоснащении заготовительного производства. Большая часть машин термической резки металлов, которыми изобилует отечественная промышленность в конце 80-х и начале 90-х гг. XX в. на сегодняшний день конструктивно и технологически устарела.

Сегодняшний рынок технологического оборудования предлагает предприятиям широкий спектр порталных машин термической резки металлов оснащенных ЧПУ, которые могут удовлетворить потребности любых производств. Однако не всегда экономически оправданно применение больших машин порталного типа. Для нужд многих производств вполне достаточно использовать менее сложные шарнирно-консольные машины термической резки металлов такие, как АСШ-2, АСШ-70, АСШ-84 «Огонек» и т.д. Эти машины успешно решают задачи по вырезке несложных заготовок небольшими партиями. И на сегодняшний день эти предприятия с удовольствием оснастили бы свое заготовительное производство именно такими простыми и недорогими машинами, но соответствующими требованиям и условиям современного производства.

В 2005 г. московским предприятием ООО «КСТ-Авиа», специализирующимся на разработке и производстве аппаратов и машин для термической резки металлов была разработана и запущена в производство консольная машина термической резки металлов «Стрела», которая вывела этот класс машин на качественно новый технологический уровень.

Машина «Стрела» была спроектирована с учетом устранения недостатков всем известным машин термической резки металлов АСШ-2, АСШ-70, выпускаемых ОАО «ЗОНТ» (Одесса, Украина) и машины «Огонек», выпускаемой ООО «Автоген-М», (г. Ваназор, Армения).

Машина «Стрела» представляет собой колонну с поворотной траверсой, вдоль которой перемещается каретка с резаком. Таким образом, она имеет всего один поворотный шарнир, а не два, как в машинах «АСШ» и «Огонек», что позволяет существенно увеличить точность воспроизведения заданного контура. Вырезка деталей осуществляется по шаблону с помощью магнитного копи-

ровального устройства. Исполнительный механизм перемещается по высокоточным станочным направляющим траверсы, как на порталных машинах, что обеспечивает высокие точность воспроизведения заданного контура и надежность конструкции.

Машина «Стрела» имеет длину рабочей траверсы более двух метров, что в сравнении с другими типами консольных машин термической резки металлов позволяет увеличить рабочую зону, а следовательно, и размер вырезаемых деталей, вдвое.

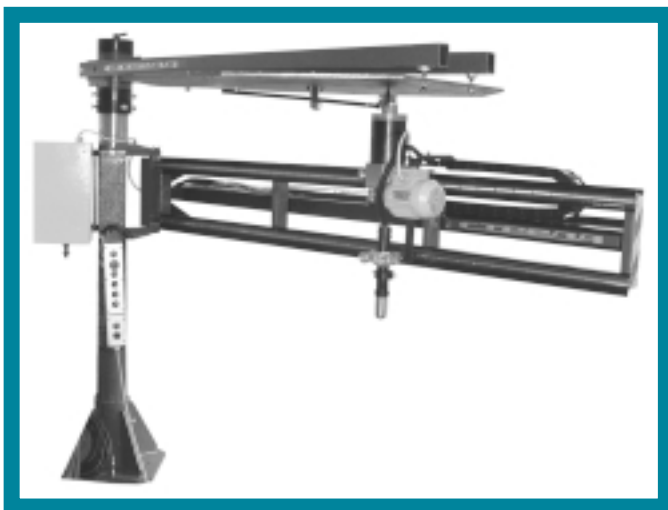
Машина укомплектована современной элементной базой на основе импортных комплектующих ведущих мировых производителей приводной техники. Мощный привод с частотным преобразователем фирмы КЕВ обеспечивает регулировку скорости резания в диапазоне от 50 до 6000 мм/мин, что позволяет использовать как газокислородные, так и высокоскоростные плазменные резаки, обеспечивающие высочайшую производительность резки.

Машина оснащена выносным пультом, позволяющим дистанционно управлять работой машины. Оператор может наблюдать за процессом резки, управлять режимами резания, регулировать скорость резки, а также зажигать и отключать плазменную дугу, с любой стороны обрабатываемого листа.

Машина проста и неприхотлива в обслуживании, имеет высокий ресурс работы за счет высоконадежных комплектующих и простоты систем. За счет своих уникальных качеств и невысокой цены консольная машина термической резки металлов «Стрела» найдет широкое применение в современной промышленности.

Дополнительную информацию о машине «Стрела», а также об аппаратах воздушно-плазменной резки металлов марки «ПУРМ» можно посмотреть на нашем сайте в интернете: www.purm.ru.

Дополнительную информацию о машине «Стрела», а также об аппаратах воздушно-плазменной резки металлов марки «ПУРМ» можно посмотреть на нашем сайте в интернете: www.purm.ru или наш стенд перед входом в 3-й павильон на выставке «НЕВА», которая будет проходить на территории «Ленэкспо», Санкт-Петербург, 26-29 сентября 2005 г. ■



**ООО «КСТ-Авиа»,
119991, Россия, г. Москва,
ГСП-1 5-ый Донской проезд
д.21Б, к.2
Телефон: (095) 955-55-90,
955-55-40**



РЕЧНАЯ ВИДЕОМАНИЯ И ТЕЛЕФОНИЗАЦИЯ ВСЕХ МОРЕЙ И РЕК

Денис Новиков

РЕЧНАЯ ВИДЕОМАНИЯ ...

В наше время спутниковым телевидением и Интернетом никого не удивишь. И это связано с тем, что наличие надежных средств коммуникации является не только важной частью имиджа, но и просто жизненной необходимостью для любого делового человека. Благодаря им можно постоянно быть курсе событий и поддерживать связь с остальным миром, даже когда до ближайшего поселения – десятки километров или миль.

С благами цивилизации можно не расставаться, даже поднимаясь на борт яхты – спутниковые антенны ставятся и на них тоже. Разумеется, установка спутниковых антенн на сравнительно небольших судах сопровождается определенными сложностями – а именно, ограниченным пространством и весом, а также мобильностью. Т.е. антенне надо постоянно следить за спутником, не терять его из виду.

Наибольших успехов в разработке этой техники достигла американская компания «KVH Industries». Доля ее продукции на мировом рынке спутниковых систем составляет 70%.

Столь высокая популярность вызвана технологичностью и соотношением цена/качество продукции «KVH». Но обо всем по-порядку.

Системы спутникового телевидения для яхт представлены линейкой «TracVision». Топ-моделью является «TracVision G8», идеально подходящая для судов, плавающих в областях в плохом приеме спутниковых сигналов.

Она оборудована карбоно-волоконной антенной размером 32” (82 см) и оптоволоконной гироскопической (FOG) стабилизацией. Фактически это самая совершенная морская спутниковая телевизионная антенна на сегодняшний день. С ее помощью можно идентифицировать и принимать программы всех современных ТВ спутников, даже находясь на границе их области приема.

Если же вы предпочитаете бороздить на своей яхте просторы Средиземного моря, то ставить G8 вовсе не обязательно – нужные сигналы сможет поймать и антенна С3, размер зеркала которой составляет всего 46 см при высоте купола 37 см. Благодаря таким размерам «малышку» можно легко установить и на лимузин или джип, хотя для этих целей больше подходят специализированные спутниковые приемники серий А и L. Эти антенны уже установлены на нескольких комфортабельных поездах и автобусах, путешествующих сейчас по дорогам России.

Однако гораздо больший интерес для капитанов представляет не то, где можно установить продукцию «KVH», а то, как она может помочь при навигации. Как известно, прибором, дающим самые точные показания азимута, является гирокомпас. Данный прибор обладает лишь одним недостатком – высокой ценой, поэтому для тех, кто решил на покупку G4, G6 или G8, приятным сюрпризом станет факт наличия в комплекте цифрового гирокомпаса GyroTrac. Этот прибор, ежегодно признающийся Национальной морской электронной ассоциацией



(NMEA) лучшим цифровым гирокомпасом выдает сверхточные и гироскопически стабилизированные данные об азимуте, которые могут использоваться для улучшения работы автопилота, радара или другого бортового электронного оборудования. Ну а в системе «TracVision» компас GyroTrac используется для быстрого поиска и удержания спутника независимо от качки и скорости судна.

А теперь начинается самая интересная для киноманов часть статьи. Спутниковый приемник поддерживает оба глобальных стандарта вещания — европейский и американский. К вашим услугам более 300 телевизионных каналов и 200 радиоканалов цифрового качества, передающихся через спутники Astra, Astra-2, Hotbird, Hispasat, Thor, Sirius и Turksat. Дополнительно «TracVision» позволяет выбрать два DVB- и DirectTV-совместимых спутника для того, чтобы система могла проводить поиск в пределах всей мировой сети региональных спутниковых телевизионных систем. Жаль, конечно, что принимать вещание в формате HDTV можно только с двух спутников — DirectTV 110 и 119, но ничего, скоро оно придет и в Европу. По крайней мере, с Astra уже вещается HD1, для приема которого, правда, необходим специальный ресивер... Но, честно говоря, для россиян гораздо более актуальной является возможность приема каналов НТВ+ со спутника EUTELSAT W4, который вещает в стандарте DVB. Европейский пакет НТВ+ можно принимать в границах Крым — Северный Кавказ — Волга и западнее, а русскоязычный — в Карелии, на Волге, на Урале и далее до Омска. Таким образом, зона покрытия охватывает основные районы навигации европейской части России: Черное, Азовское и Балтийские моря, бассейн Волги с притоками и Северо-Западный регион.

Кроме того, мобильная Интернет-система TracNet 2.0. обеспечивает доступ к сети через спутниковый канал на скоростях до 512 кбит/сек. Этого с лихвой хватит не только для проверки почты и просмотра новостей, но и для IP-телефонии и проведения видеоконференций. Если к сети подключить Wi-Fi роутер, то Интернетом можно будет пользоваться не только на всех палубах яхты, но и на берегу в радиусе 250 метров. Однако то, что в Европе связь осуществляется либо через Thor II, либо через Hotbird, иногда приводит к возникновению конфликта интересов — ведь НТВ+ вещается с другого спутника. Поэтому приходится либо устанавливать дополнительную антенну... либо покупать комплект Globalstar. И тогда судно превращается в полноценный плавучий офис с нормальным спутниковым телефоном, Интернетом до 700 кб/сек и телевидением. Главное — не забыть отдохнуть.

... И ТЕЛЕФОНИЗАЦИЯ ВСЕХ МОРЕЙ И РЕК

Человек, владеющий «Принцессой», может желать лишь об одном — о телефоне. Кто-то может сказать, что он без сожаления смотрит на уменьшающееся количество «палочек» на дисплее мобильного по мере удаления от берега, однако, скорее всего, это будет неправдой. Ведь в современном мире деловой человек без телефона — как без рук.

Мобильная система связи Tracphone, разработанная компанией «KVH Industries» представляет собой наиболее оптимальное решение для организации телефонии на борту. Она идеально подходит для установки на прогулочных яхтах и небольших торговых судах. На данный момент линейка Tracphone насчитывает четыре модификации, однако самой популярной является F33. Эта система с небольшим обтекателем антенны обеспечивает быстрое подключение к Интернету на скорости 64 кбит/сек, функцию видеоконференций и качественную голосовую/факсовую связь. Доступ к

сети может осуществляться двумя способами — либо ISDN, либо MPDS (Mobile Packet Data Service). При этом первый вариант, по сути, напоминает обыкновенный Dial-Up, а второй — GPRS. При подключении по MPDS плата взимается за трафик, т.е. учитывается объем переданных данных. Это удобно при передаче электронной почты, работе в Интернете, с базами данных и перекачке файлов небольшого объема. Если же поток данных велик, то использование ISDN выглядит более оправданным. Одной из наиболее интересных и перспективных особенностей системы является наличие Ethernet-порта, что в значительной мере облегчает подключение различного сетевого оборудования. Это могут быть как обычные роутеры, так и новомодные устройства типа Интернет-радиоприемников. При подключении же Wi-Fi точки доступа, отпадает необходимость в протяжке каких-либо кабелей — подключиться к сети можно будет в любой точке яхты через ноутбук с чипсетом Centrino или любой другой компьютер или даже КПК с адаптером стандарта 802.11 по радио. При этом факсы можно посылать не только через популярные Интернет-сервисы типа Fax4Free, но и напрямую, на скорости 9,6 кбит/сек. Высококачественная голосовая связь осуществляется по стандарту AMBE на скорости 4,8 кбит/сек. Количество телефонных номеров зависит от модификации, так, при установке F33 вы получите два номера, а если выберете F55, то станете обладателем четырех номеров. Имеется полная поддержка АТС РАВХ. Но, разумеется, российских пользователей больше всего привлекает не телефония, а именно Интернет и возможность передачи факсов, поскольку наиболее популярные у наших капитанов акватории Каспия и Волги и так находятся в зоне действия сотовых сетей.

Как уже было указано, с подключением к Tracphone клиентов (телефонов, компьютеров) проблем не возникает, но вот при установке самой системы могут возникнуть сложности, связанные с электропитанием: на яхтах не бывает свободных автоматов, а у тех, что имеются, недостаточной мощности. Однако наши инсталляторы уже научились решать эти задачи, и многие русские капитаны не первый год пользуются преимуществами Tracphone. Процесс установки антенн также освоен хорошо. На судах, где есть штатные места, проблем не возникает в принципе, но даже если таких мест нет, обтекатель можно смонтировать на крыло или в другое подходящее место.

Сама же антенна выпускается в двух конфигурациях: одна из них соответствует обтекателю спутниковой телевизионной антенны KVH TracVision G4/4, а другая использует более компактный обтекатель 14" (35 см).

Наконец, система Tracphone F33 совместима со спутниками Inmarsat-4 следующего поколения, которые были введены в эксплуатацию в конце 2004 г. ■

Наименование предприятия:
«Навиком», ЗАО
Страна: Россия
Город: Москва
Адрес: 115407, ул. Речников, д.7,
строение 17
Телефон: (095) 730-21-40, 786-6506
Факс: (095) 116-75-11
E-Mail: info@navicom.ru
URL: http://www.navicom.ru



ООО «РЕКА-СЕРВИС»

LLC «RIVER-SERVICE»

**Ремонт и Т.О. судовых механизмов
и средств автоматики.
Государственная проверка
средств измерений.**

**Дата образования:
1992 год**

**Зона интересов:
Северо-Западный
Федеральный Округ**

**197110, Санкт-Петербург,
Ремесленная 17**

**197110, St. Petersburg,
Remeslennaya 17**

**тел.: (812) 230-10-53
тел./факс: (812) 230-10-52**

**email: river-service@mail.ru
River-Service Ltd Co**



UNICONT

**MTS-1232
Судовая телефонная станция**



**Универсальный
цифровой репитер**



**HERCULES-10
Судовой блок питания**



**ADU-102
Усилитель-размножитель
сигнала NMEA**



Россия, Санкт-Петербург, 199106, В.О. 20-я линия 5-7, офис 55
тел: +7 812 3205704 • e-mail: info@unicont.ru

www.unicont.ru



Астрахань, ул. Н. Островского, 129
тел.: (8512) 392-642, 338-948
e-mail: mantast@mail.ru

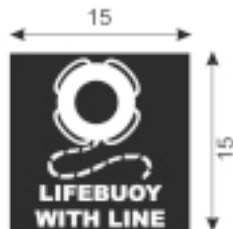
Предлагает:

- символы ИМО
- журналы ГМССБ

Тонкая подложка
обеспечивает
удобство
при наклеивании



Фотолюминисцентное покрытие
обеспечивает яркость и длительность
свечения согласно требованиям
PMSC

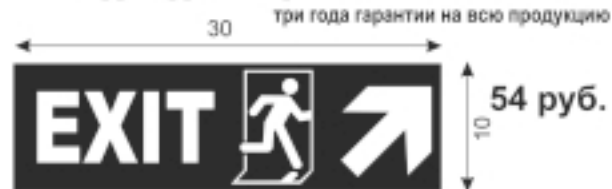


36 руб.

ПВХ основа
стойкая
к воздействию
внешней среды

УФ Краски
стойкие
к солнечному
свету,
атмосферным
осадкам

УФ лакирование
повышает стойкость
к воздействию
внешней среды



54 руб.



30 руб.



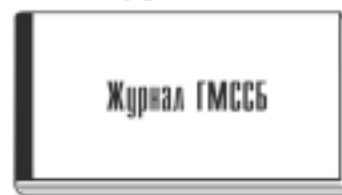
10 руб.



30 руб.



30 руб.



210 руб.



18 руб.

Доставка любым удобным для Вас способом!!!

КОРАБЕЛ.РУ – ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА

Участники раздела	№ страницы журнала
ЭГО Транслейтинг	40
Судопластсервис	65
НОРДИМПЕКС	72
Охталит	73
ПромЭнергоСтрой	73
Альфастрахование	73
ГСК	73
LAKY VERF	73
Топливная аппаратура ХМСЗ	73
Светотехнический завод «Сатурн»	74
КСТ-Авиа	75
Навиком	76-77
Юниконт	78
Река-Сервис	78
Знаки ИМО	78
Корабел	79
Таблица рекламодателей	79
Силовое электрооборудование	87
Лакокрасочный завод ЭмЛак	87
МЕХАНИКА	87
Морское Инженерное Бюро	88
Пелла-Фиорд	109

Совершенствование силовой структуры преобразователей путем замены трансформаторов с пульсирующими магнитными полями на трансформаторы с вращающимися магнитными полями (ТВМП) вызвало появление в составе выпрямителей и инверторов транзисторных коммутаторов (ТК). Особенности работы таких ТК еще недостаточно хорошо изучены [1].

Целью настоящей работы является исследование электромагнитных процессов в транзисторных коммутаторах, переключающих отводы круговых обмоток (КО) ТВМП, и получение аналитических соотношений для выбора силовых ключей ТК с учетом коммутационных процессов в схеме преобразователя.

Предположим, что в момент $t = 0$ произошло включение диаметрально расположенной пары силовых ключей 1 и 7 коммутатора, представленного на рис.1. В этом случае КО превращается в две электрически- и магнитно связанные идентичные параллельные полуобмотки (назовем их условно левую и правую); включение на один источник напряжения U_d . В результате воздействия на полуобмотки прямоугольного (постоянного) напряжения в них возникает апериодический переходный процесс.

Упрощенная расчетная схема замещения КО для момента времени $t = 0$ представлена на рис.2. Тогда для схемы на рис. 2,а запишем

$$\left\{ \begin{array}{l} U_d = r_{л} i_{л} + L_{л} \frac{di_{л}}{dt} - M \frac{di_{пр}}{dt}; \\ U_d = r_{пр} i_{пр} + L_{пр} \frac{di_{пр}}{dt} - M \frac{di_{л}}{dt}; \\ i_d = i_{л} + i_{пр}. \end{array} \right. \quad (1)$$

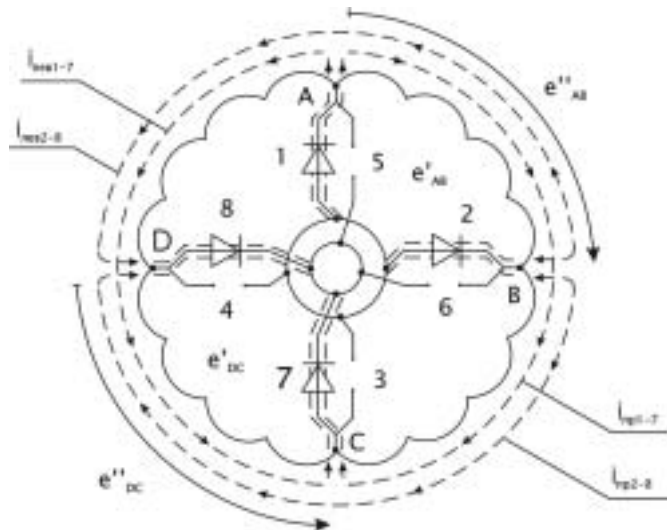


Рис.1. Схема замещения КО с ТК на четыре пары СКЛ для этапов переключения смежных пар СКЛ 1-2 и 7-8

ОСОБЕННОСТИ КОММУТАЦИИ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ ТРАНЗИСТОРНЫХ КОММУТАТОРОВ, ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ ОТВОДЫ КРУГОВЫХ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

А.И. Черевко, канд. техн. наук, доцент,
Севмашветуз филиал СПб ГМТУ, Северодвинск

Выразим из второго уравнения системы (1) производную тока правой полуобмотки:

$$\frac{di_{пр}}{dt} = \frac{1}{L_{пр}} \left[U_d - r_{пр} i_{пр} - M \frac{di_{лев}}{dt} \right]. \quad (2)$$

Подставим (2) в первое уравнение системы (1):

$$U_d = r_{л} i_{л} + L_{л} \frac{di_{л}}{dt} - \frac{M}{L_{пр}} \left[U_d - r_{пр} i_{пр} - M \frac{di_{лев}}{dt} \right]. \quad (3)$$

Тогда из (3) получим

$$U_d \left[\frac{L_{пр} - M}{L_{пр}} \right] = \left(r_{л} + r_{пр} \frac{M}{L_{пр}} \right) i_{л} + \left(L_{л} + \frac{M^2}{L_{пр}} \right) \frac{di_{л}}{dt}. \quad (4)$$

Принимая в (2) и (3), что $r_{пр} = r_{л}$, $i_{л} = i_{пр}$ (в силу идентичности процессов) и освобождаясь от коэффициента при U_d в левой части уравнения (4), получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$U_d = r_{л} \left[\frac{L_{пр} + M}{L_{пр} - M} \right] i_{л} + \frac{L_{л} L_{пр} + M^2}{L_{пр} - M} \frac{di_{л}}{dt}. \quad (5)$$

Его полное решение имеет вид

$$i_{л} = i_{лев.прин.} + i_{лев.своб.}, \quad (6)$$

$$\text{где } i_{лев.прин.} = \frac{U_d}{r_{лев}}. \quad (7)$$

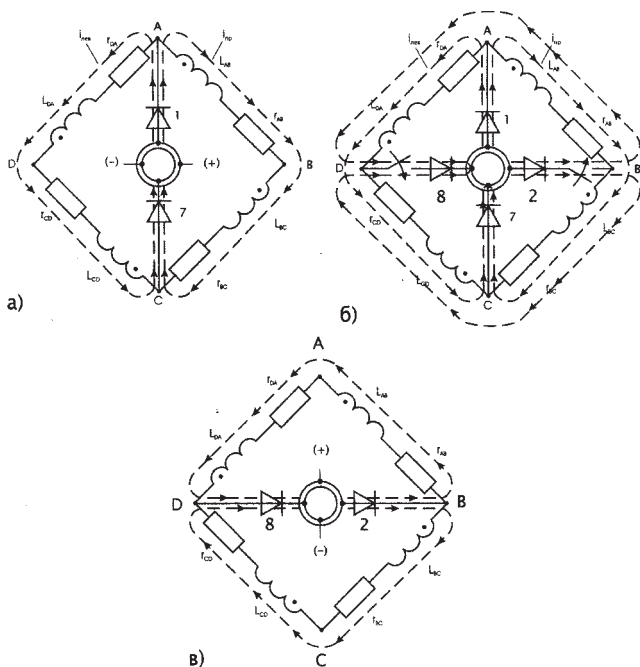


Рис.2. Упрощенные расчетные схемы замещения КО для моментов времени $t = 0$ (а), $t = t_1$ (б), $t = t_3$ (в)

Для нахождения свободной составляющей приравняем правую часть уравнения (5) к нулю, тогда из однородного дифференциального уравнения получим

$$K \frac{L_{\text{л}} L_{\text{пр}} + M^2}{L_{\text{пр}} - M} + r_{\text{л}} \frac{L_{\text{пр}} + M}{L_{\text{пр}} - M} = 0, \quad (8)$$

откуда корень характеристического уравнения

$$K = -r_{\text{л}} \frac{L_{\text{пр}} + M}{L_{\text{л}} L_{\text{пр}} + M^2}. \quad (9)$$

Тогда свободная составляющая тока будет иметь вид

$$i_{\text{лев.своб}} = A e^{Kt}, \quad (10)$$

а ток переходного режима

$$i_{\text{л}}(t) = \frac{U_d}{r_{\text{л}}} + A e^{Kt}. \quad (11)$$

При $t = 0$ $i_{\text{л}}(t = 0) = 0$, тогда из (11) получим постоянную интегрирования $A = -\left(\frac{U_d}{r_{\text{л}}}\right)$. В результате ток

переходного режима в левой полуобмотке найдем как

$$i_{\text{лев}} = \frac{U_d}{r_{\text{л}}} + [1 - e^{Kt}] \frac{U_d}{r_{\text{л}}} = \frac{U_d}{r_{\text{л}}} \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}} \right], \quad (12)$$

где $\tau_L = \frac{1}{|K|} = \frac{L_{\text{л}} L_{\text{пр}} + M^2}{r_{\text{л}}(L_{\text{пр}} - M)}$ – постоянная времени одной полуобмотки.

Через время $t_{\text{ин}} = 4,6\tau_L$ переходный процесс закончится

и токи в полуобмотках достигнут значения $i_{\text{л}} = i_{\text{пр}} = \frac{I_d}{2}$,

где ток источника постоянного напряжения

$$I_d = \frac{U_d}{r_{\text{ЭКВ}}}. \quad (13)$$

Эквивалентное омическое сопротивление полуобмотки в установившемся режиме найдем в виде

$$r_{\text{ЭКВ}} = \frac{r_{\text{л}} r_{\text{пр}}}{r_{\text{л}} + r_{\text{пр}}}, \quad (14)$$

так как взаимные индуктивные связи в установившемся режиме (на постоянном токе) отсутствуют.

До момента включения t_1 , т.е. на интервале от нуля до

$\frac{2\pi}{N}$, где N – число пар силовых ключей (в рассматриваемом случае $N = 4$), во включенном состоянии находились

силовые ключи (СКЛ) 1 и 7. В момент времени $t_1 = \frac{\pi}{2}$

происходит включение смежной пары СКЛ 2 и 8. При этом во избежание перенапряжений в элементах КО и ТК на

интервале от $t_1 = \frac{\pi}{2}$ до t_3 СКЛ 1-7 и СКЛ 2-8 находятся

во включенном состоянии одновременно (см. рис.2). В момент включения СКЛ 2 и 8 потенциалы отводов КО А и В (рис.3), а также С и Д становятся одинаковыми, а их разности будут равны нулю:

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 0;$$

$$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = 0.$$

В результате в секциях, на концах которых выровнялись потенциалы, возникает нестационарный переходный процесс, вследствие этого токи в секциях А-И и С-Д спадают до нуля (момент t_2).

Если на первом этапе от 0 до t_1 токи в полуобмотках А-В-С и А-Д-С равны:

$$i_{\text{лев}} = i_{\text{пр}} = \frac{U_d}{r_{\text{л}}} \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}} \right], \quad (15)$$

то на интервале от t_1 до t_2 в секциях А-В и С-Д полуобмоток А-В-С и А-Д-С возникает переходный процесс без внешней возбуждающей силы, который характеризуется только свободными составляющими токов:

$$i'_{\text{лев}} = i'_{\text{пр}} = i_{\text{пр}}(t > t_1) = +A_i e^{-\frac{t'}{\tau_L}}, \quad (16)$$

где $i_{\text{пр}}(t > t_1) = 0$, t' – время, отсчитываемое от момента выравнивания потенциалов, т.е. от момента t_1 .

Постоянная интегрирования A_i в (4) должна быть численно равна току, который установился в КО за время от 0 до t_1 .

Величину A_i можно найти из уравнения (16), полученного для первого интервала времени от 0 до t_1 при подстановке в него вместо текущего времени t момента t_1 – начала включения СКЛ 2-8:

$$A_i = i(t - t_1) = \frac{U_{\text{сЕК}}}{r_{\text{сЕК}}} \left[1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_L}} \right]. \quad (17)$$

Тогда для момента времени $t > t_1$ получим

$$i(t > t_1) = \frac{U_{\text{сек}}}{r_{\text{сек}}} \left[1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_L}} \right] e^{-\frac{t-t_1}{\tau_L}} \quad (18)$$

Чтобы иметь решение с одним общим началом отсчета времени, заменим t' на $t - t_1$, тогда (18) преобразуем к виду

$$i(t > t_1) = \frac{U_{\text{сек}}}{r_{\text{сек}}} \left[1 - e^{-\frac{t_1}{\tau_L}} \right] e^{-\frac{t-t_1}{\tau_L}} \quad (19)$$

Окончательно для интервала времени от t_1 до t_2 после несложных преобразований (19) получим:

$$i(t > t_1) = \frac{U_{\text{сек}}}{r_{\text{сек}}} \left[e^{\frac{t_1}{\tau_L}} - 1 \right] e^{-\frac{t-t_1}{\tau_L}} \quad (20)$$

Соотношение (20) подтверждает экспоненциальный характер спада токов в секциях КО до нуля и тот факт, что при переключениях смежных пар СКЛ ТК в КО не возникает короткозамкнутых контуров, как это имеет место в машинах постоянного тока при перемещении щеток по коллектору.

В момент времени от t_2 , когда токи в секциях А-В и С-Д спадают до нуля, СКЛ 1 и 2 начинают закрываться, а СКЛ 2-8 переходить в насыщенное состояние (рис.4). При этом к секциям А-В и С-Д прикладывается напряжение прямоугольной формы противоположной полярности $\pm U_d$.

В результате в секциях А-В и С-Д вновь начинается переходный процесс, аналогичный моменту $t_1 = 0$, где нарастающие токи в секциях оказывают противоположно направленными по отношению к предыдущему интервалу (см. рис.3).

Окончательное запираение СКЛ 1-7 и открытие СКЛ 2-8 происходит в момент времени t_3 , когда токи в секциях А-В и С-Д после смены знаков достигнут значения токов в секциях А-Д и В-С:

$$\begin{aligned} i_{AB} &= i_{AD} - i_{л} = \frac{I_d}{2} ; \\ i_{CD} &= i_{BC} - i_{пр} = \frac{I_d}{2} . \end{aligned} \quad (21)$$

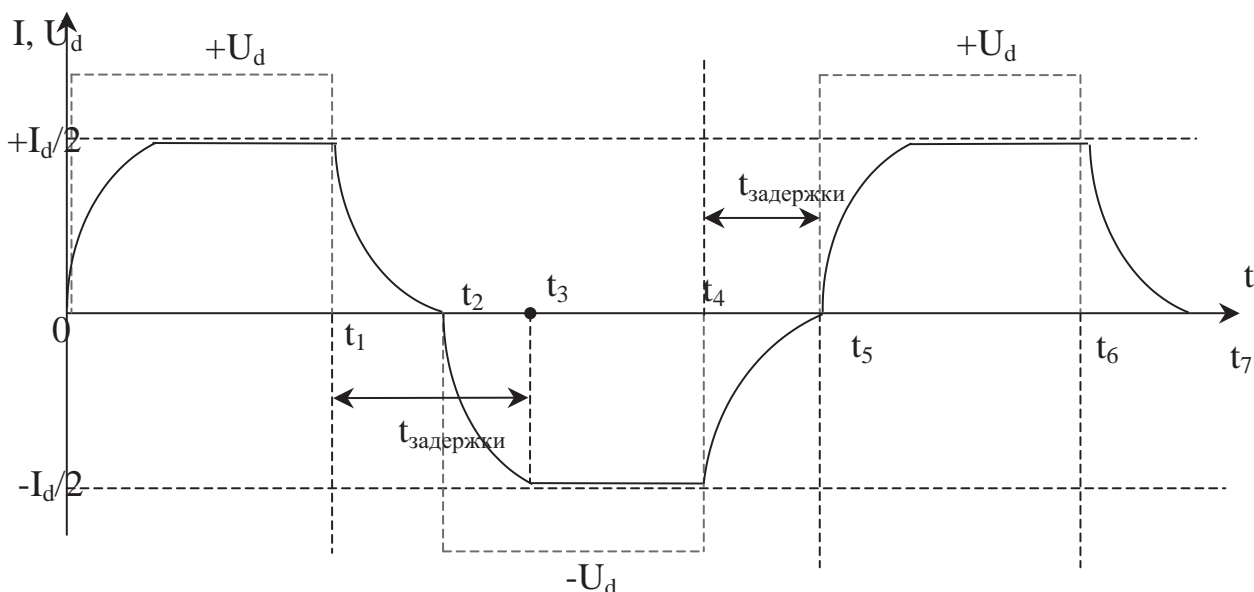


Рис.3. Кривые токов и напряжений U_d для секции А и В КО

Таким образом, полное время задержки или совместной работы двух смежных пар силовых ключей ТК можно найти как

$$t_{\text{зад}} = t_3 - t_1 \quad (22)$$

На рис.4,б вместе с токами в секциях А-В и С-Д приведены временные диаграммы ЭДС, возникающих в секциях КО в соответствии с законом электромагнитной

индукции $e = -\frac{d\psi}{dt}$. Здесь на первом этапе от t_1 до t_2

когда токи в секциях А-В и С-Д спадают до нуля, ЭДС

e'_{AB} и e'_{DC} направлены в ту же сторону, что и токи в соответствующих секциях, т.е. стремятся поддержать токи на прежнем уровне и в прежнем направлении за счет энергии, накопленной в магнитном поле секции на предыдущем

этапе: $W_L = \frac{L_{\text{сек}}}{2} \quad (23)$

На интервале от t_2 до t_3 , где СКЛ 1-7 начинают закрываться, а СКЛ 2-8 переходить в режим насыщения, токи в

секциях А-В и С-Д начинают возрастать от нуля до $\frac{I_d}{2}$,

изменив свои направления на обратные, ЭДС

e''_{AB} и e''_{DC} начинают препятствовать нарастанию токов, в силу чего их направления на рис. (4,а) и (4,б)

совпадают с направлениями ЭДС e'_{AB} и e'_{DC} .

Величины ЭДС самоиндукции e'_{AB} и e''_{AB} ,

e'_{DC} и e''_{DC} можно найти для каждого интервала времени, так как законы изменения токов в секциях можно считать установленными:

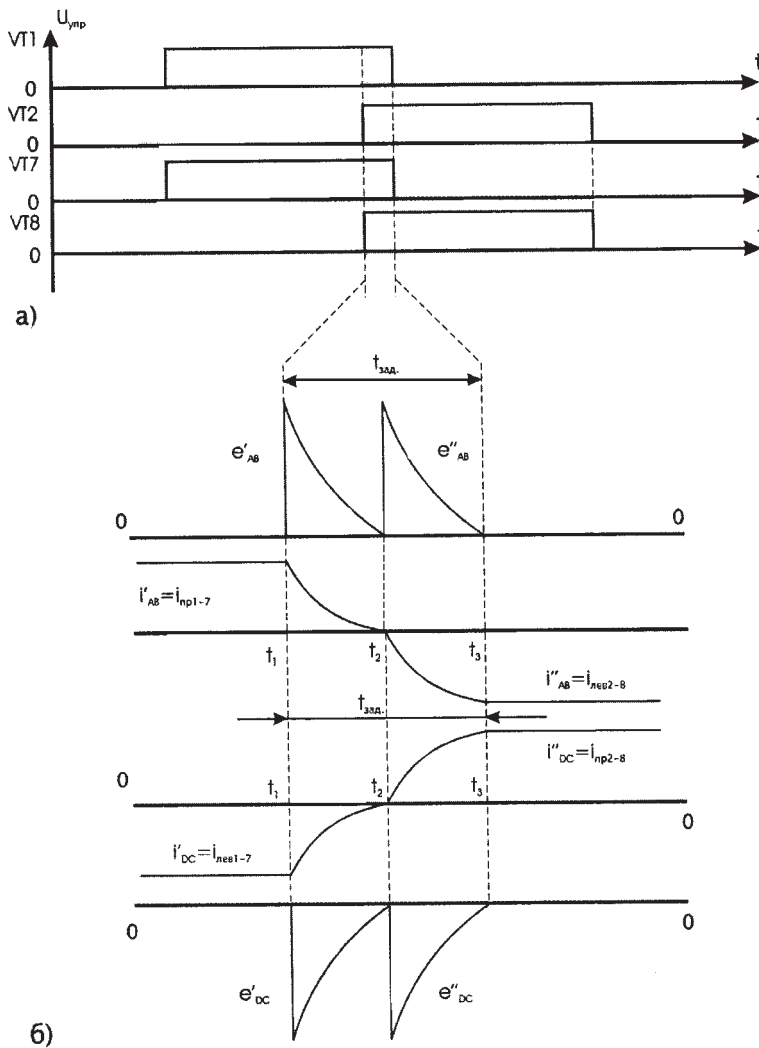


Рис.4. Электромагнитные процессы в КО при коммутации смежных СКЛ: а – сигналы управления ($U_{упр}$) силовыми ключами VT1, VT2 и VT7, VT8; б – временные диаграммы токов и ЭДС в секциях (1-2 и 7-8) на этапе коммутации смежных пар СКЛ 1-2 и 7-8

$$\left. \begin{aligned}
 e'_{AB} &= -L_{AB} \frac{di'_{AB}}{dt} = U_d e^{-\frac{t}{\tau_L}} \left(e^{\frac{t_1}{\tau_L}} - 1 \right); \\
 e''_{AB} &= -L_{AB} \frac{di''_{AB}}{dt} = U_d e^{-\frac{t}{\tau_L}}; \\
 e'_{DC} &= -L_{DC} \frac{di'_{DC}}{dt} = U_d e^{-\frac{t}{\tau_L}} \left(e^{\frac{t_1}{\tau_L}} - 1 \right); \\
 e''_{DC} &= -L_{DC} \frac{di''_{DC}}{dt} = U_d e^{-\frac{t}{\tau_L}}.
 \end{aligned} \right\} (24)$$

Как видно из (24), ЭДС самоиндукции в пределе могут достигать величины напряжения источника питания U_d , что необходимо учитывать при выборе силовых транзисторов ТК.

Таким образом, в процессе работы ТК короткозамкнутые контура не образуются, поскольку даже в открытом состоянии транзисторы проводят ток только в одном направлении, а для их надежной защиты последовательно с ними включены силовые диоды с быстро восстанавливающимися запирающими $p-n$ переходами.

Так как электромагнитная энергия, накапливаемая в коммутируемых секциях КО, не рассеивается (не гасится), как это имеет место у механических коммутаторов машин постоянного тока, а перераспределяется в круговой обмотке, то описанную выше коммутацию следует отнести к коммутации жесткого типа.

ВЫВОДЫ

1. Из полученных аналитических соотношений следует, что ЭДС самоиндукции, возбуждаемые в секциях КО на этапах коммутации смежных пар силовых ключей ТК, в пределе могут достигать величины напряжения источника питания U_d , что необходимо учитывать при выборе силовых транзисторов ТК;

2. Электромагнитная энергия, накапливаемая в коммутируемых секциях круговой обмотки (КО), не рассеивается (не гасится), как это имеет место в короткозамкнутых контурах механических коммутаторов машин постоянного тока, а перераспределяется в круговой обмотке в силу чего описанную выше коммутацию следует отнести к коммутации жесткого типа;

3. Короткозамкнутые контуры в КО и полупроводниковом коммутаторе на этапах переключения смежных пар силовых ключей не образуются, так как в открытом состоянии транзисторы проводят ток только в одном направлении.

Для обеспечения надежной защиты СКЛ целесообразно последовательно с ними включать силовые диоды с быстро восстанавливающимся запирающим $p-n$ переходом. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов Я.Ф., Васильев Е.П. Электромагнитная совместимость полупроводниковых преобразователей и судовых электроустановок. – Л.: Судостроение, 1990. – 264 с.
2. Черевко А.И., Казакевич А.И., Семенов Д.Н. Схематическая модель автономного инвертора с трансформатором вращающегося магнитного поля в MICRO-CAP 7 // Сб. докл. VIII РНТК ЭМС – 2004. – СПб., с.193-197.
3. Черевко А.И., Семенов Д.Н., Казакевич А.И. Схематическая модель выпрямителя с трансформатором вращающегося магнитного поля в MICRO-CAP 7 // Сб. докл. VIII РНТК ЭМС – 2004. – СПб., с.197-201. ■

Рецензент:

Б.Ф. Дмитриев, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ

В ФГУП «НПО «Аврора» создана новая современная высокоэффективная система автоматизированного дистанционного управления главными судовыми среднеоборотными и высокооборотными дизелями (система «Ливень»).

Система (рис.1) обеспечивает автоматизированное, а также ручное дистанционное управление главным судовым среднеоборотным дизелем на всех режимах работы (пуск, реверс, изменение частоты вращения от минимальноустойчивой до максимальной, останов, защиту от перегрузки и отображение информации о процессе исполнения поданной оператором команды и положении реверсивной муфты дизеля). Система удовлетворяет требованиям Российского Морского Регистра судоходства.

Пульт управления 1 обеспечивает подачу команд на пуск, останов, реверс, изменение частоты вращения.

Прибор управления (ПУ) 2 принимает сигналы от тахометров дизе-

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКООБОРОТНЫМИ И СРЕДНЕОБОРОТНЫМИ СУДОВЫМИ ДИЗЕЛЯМИ

Ю.Н. Пушин, ведущий инженер, ФГУП «НПО «Аврора»,
А.П. Силинг, инженер, ФГУП «НПО «Аврора»,
Ю.П. Московцев, технический директор
 ОАО «Системы управления и приборы»

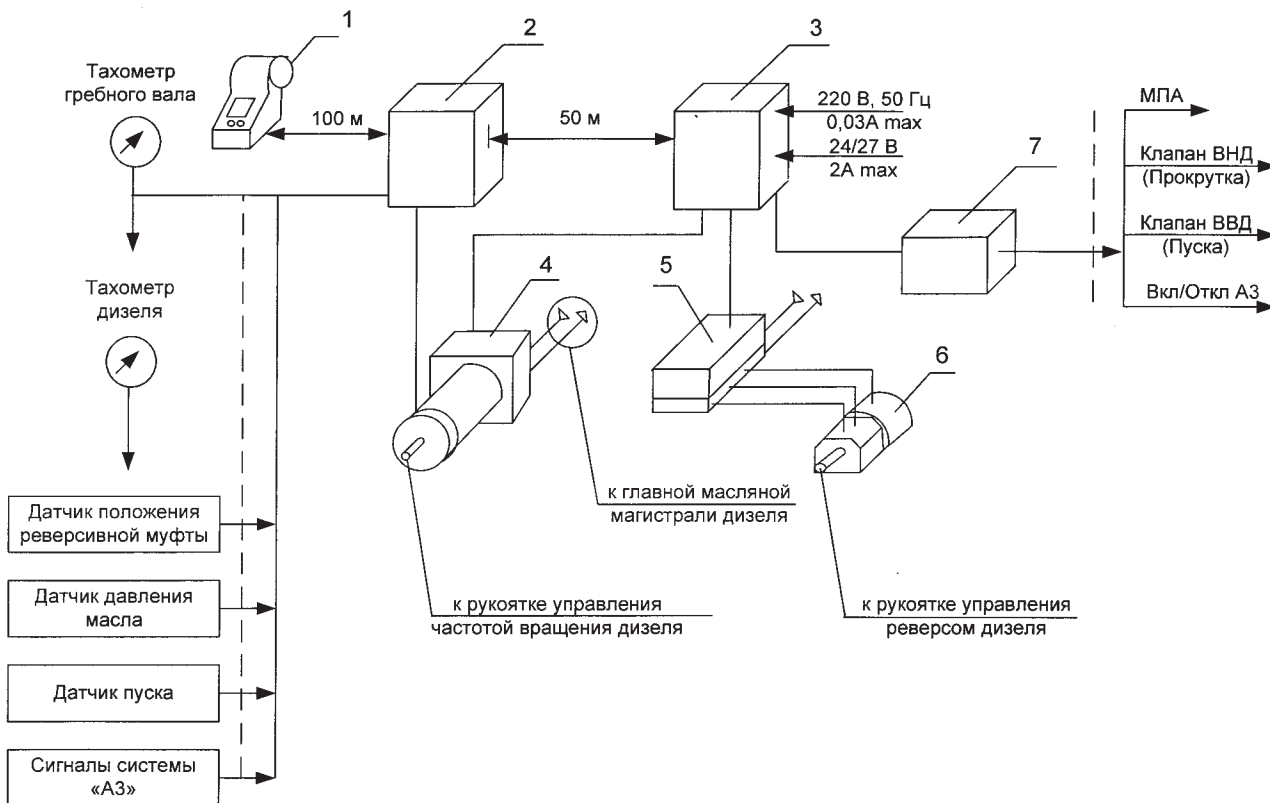


Рис.1. Структурная схема системы

ля и гребного вала, датчиков давления масла, положением муфты, пусковых датчиков, системы автоматической защиты (АЗ), датчика положения штока следящего сервопривода. В приборе ПУ реализуется весь алгоритм управления. В приборе размещен программируемый логический контроллер PLC и узлы нормализации аналоговых сигналов.

Прибор усилителей 3 содержит

электронные ключи, управляющие специальными быстродействующими клапанами следящего привода и клапанами реверса.

Следящий сервопривод управления частотой вращения дизеля 4 стыкуется с рукояткой (валиком) задания локального регулятора частоты вращения дизеля (разрабатывается быстродействующий следящий привод, стыкуемый непосредственно с РТН дизеля).

Блок клапанов реверса 5 обеспечивает подачу рабочей среды в полости сервопривода реверса.

Дискретный трехпозиционный сервопривод реверса 6 стыкуется с рукояткой (валиком) реверса дизеля, и при подаче рабочей среды в одну из трех его полостей, устанавливает рукоятку реверса дизеля в нужное положение.

Блок реле 7 содержит реле, включающее мощные электромагнитные устрой-

Разработка, производство, испытания, пуско-наладочные работы, обучение персонала, гарантийное и сервисное обслуживание систем управления и контроля различных классов и назначений – от локальных систем управления отдельными агрегатами (сепараторами, компрессорами, дизель-генераторами и т.п.) до комплексных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) сложных объектов.

Системы автоматического управления техническими средствами для судов всех типов



Системы автоматического управления, контроля и диспетчеризации технологических процессов перегрузки и хранения различных видов сыпучих и наливных грузов в портовых терминалах



Изготовление и поставка интегрированных пультов для рулевой рубки (РР) и центрального поста управления (ЦПУ) машинным отделением

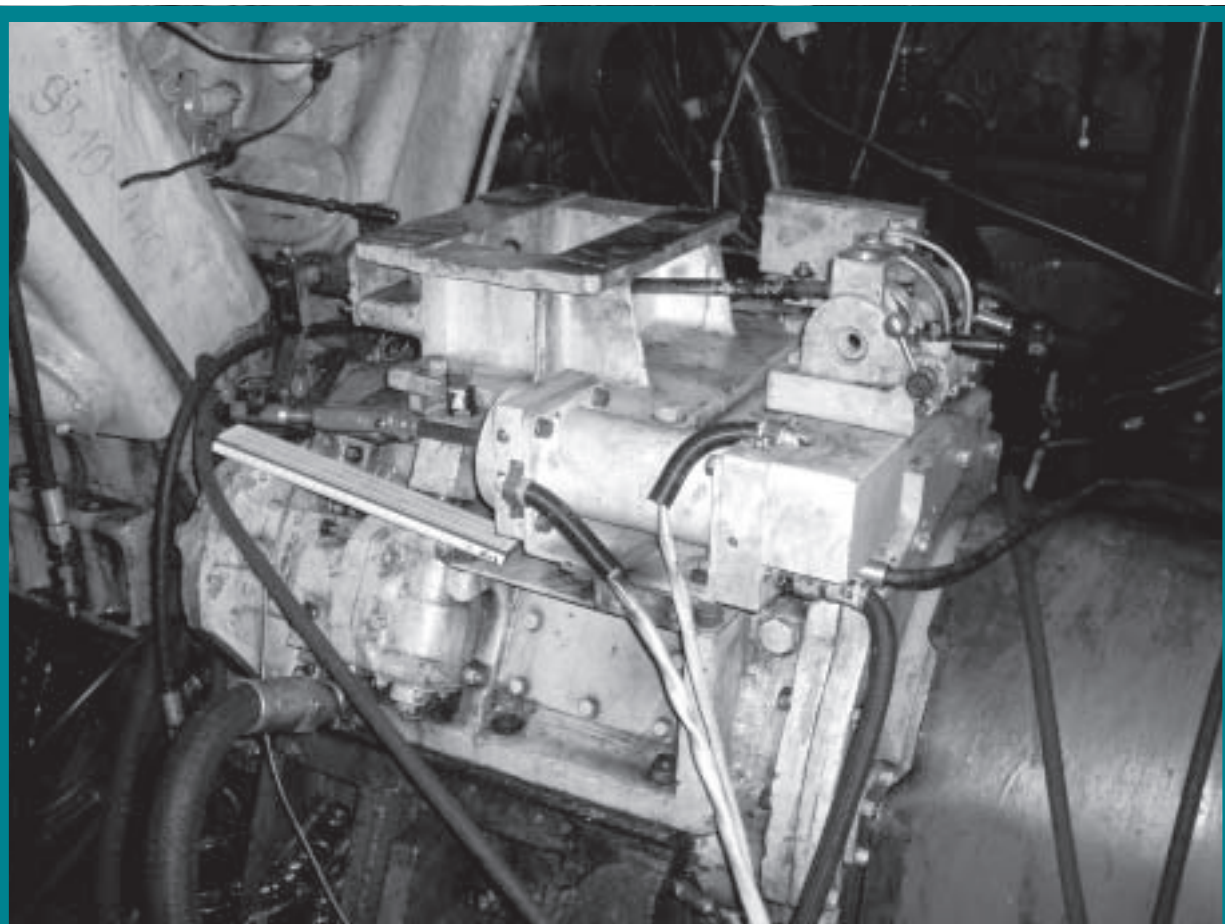


Рис. 2. Сервопривод управления и его размещение на дизеле

ства (пускатель маслоперекачивающего агрегата, электромагнитные клапаны).

Система имеет два режима работы: автоматическое и неавтоматизированное дистанционное управление пуском, реверсом и частотой вращения (ЧВ) дизеля. При автоматическом управлении после подачи оператором команды исполнение происходит в автоматическом режиме с выполнением всех требований инструкции по эксплуатации дизеля (рис. 2). При дистанционном (резервном управлении) обеспечивается непосредственное ручное управление исполнительными устройствами.

Система изменяет положение органов управления и выдает команды исполнительным устройствам в зависимости от команд оператора и сигналов датчиков в соответствии с алгоритмом, согласованным с поставщиком дизеля. Система имеет высокую чувствительность – не более $\pm 0,0015$ (в относительных единицах) от общего хода следящего привода, что позволяет установить любую требуемую частоту вращения дизеля.

Особенностью системы является применение аналогового следящего привода управления частотой вращения в качестве гидро (пневмо) распределителей дискретных электромагнит-

ных клапанов с высоким быстродействием (время срабатывания 0,003–0,005 с). Это позволяет открывать клапан на очень короткое время, т.е. использовать его как импульсный дозатор рабочей среды и реализовать дискретное управление гидро- и пневмоприводом, аналогичное управлению шаговым электродвигателем. За один импульс поршень привода перемещается на очень малую величину. Управляя частотой следования импульсов, можно менять скорость привода в широких пределах. Для быстрой отработки клапан держится в открытом состоянии. Клапанная система позволяет использовать различные рабочие среды – жидкие или газообразные. На этом принципе изготовлены и работают системы, использующие масло смазки машины, воду или воздух. При этом нет необходимости в тонкой очистке рабочей среды. При испытаниях «водяного» клапанного распределителя были проведены успешные испытания клапанов на 15 млн. срабатываний.

Электропитание системы: основное – 220 В, 50 Гц, резервное – постоянный ток напряжением 18–32 В. Мощность потребления: длительно – не более 25 Вт, кратковременно – не более 60 Вт. Напряжения питания

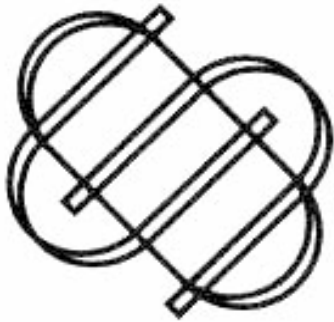
могут быть установлены по желанию Заказчика.

Питание следящего сервопривода управления частотой вращения и дискретного сервопривода реверса осуществляется либо маслом давлением 0,15–1,5 МПа от главной масляной магистрали дизеля, либо воздухом давлением 0,5–0,7 МПа от системы воздушного пуска дизеля.

Масса системы при поставке в полной комплектации – не более 40 кг.

Применение современных электронных средств в совокупности с простыми и технологичными сервоприводами и распределительными клапанами, обеспечивают высокую надежность системы и ее низкую стоимость. Система успешно прошла испытания совместно с дизелем на стенде ОАО «Звезда».

В соответствии с совместным решением ФГУП «НПО «Аврора» и ОАО «Системы управления и приборы» в ОАО «СУП» начинается серийное производство систем типа «Ливень». По нашему мнению, данная система может найти широкое применение в качестве локальной системы управления судовыми дизелями размерности 18/20 (в частности, на высокоскоростных судах). ■



Электрооборудование СИЛОВОЕ

195027, Санкт-Петербург, ул. Якорная, 17

тел./факс: 380-94-25, тел.: 380-04-36

<http://www.silovoe.ru>, e-mail: sales@silovoe.ru

Судовой кабель: КНР, КНРэ, КНРэк, КНРк, НРШМ, КМПВ, КРШУ, КРШС, КГН, КПУ. Со склада в С. Петербурге

- Судовое электрооборудование: ТСЗМ, СС328
- Плетёнка ПМЛ, ПСО
- АВВГ, ВВГ, ПВ, ВБШВ, АСБ2л.

ЛАКОКРАСОЧНЫЙ ЗАВОД

ЭмЛак®
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

192177, С.-Петербург
ул. Караваяевская, 57
т./ф.: (812) 740-6235
747-1166
тел.: (812) 320-6756
E-mail: marketing@emlak.ru
www.emlak.ru

ПРЕДЛАГАЕТ

ЭМАЛИ И КРАСКИ

- Покрyтия, имеющие типовое одобрение Российского морского регистра судоходства для подводной части корпуса судна и района ПВЛ, жилых и служебных помещений
- Покрyтия для надводного борта и надстроек
- Покрyтия для открытых палуб, в т.ч. нефтеналивных судов, палуб пищеблоков и рыбцехов
- Покрyтия для грузовых трюмов и трюмов для пищевых продуктов, балластных и топливных танков, емкостей с питьевой водой

ГРУНТОВКИ И ШПАТЛЕВКИ

- Межоперационные под сварку
- Противокоррозионные под любой тип покрытия
- Для прокорродированных поверхностей

УНИКАЛЬНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

толстослойные покрытия: 2 слоя эмали - 10 лет защиты
экономичность: стоимость 1 м² покрытия от 30 руб
паропроницаемые и двухкомпонентные быстротвердеющие грунты и эмали
сроки службы покрытия до 15 лет
возможность нанесения при отрицательных температурах, до -15°С

ООО "МЕХАНИКА"

материалы для профессионалов

LOCTITE - фиксаторы и герметики для резьбовых соединений, фиксаторы посадок подшипников, маслобензостойкие фланцевые герметики, клеи для склеивания различных материалов, смазки и очистители

DEVCON - полимерные составы для аварийного ремонта металлических деталей, узлов и корпусов оборудования; создания защитных покрытий от коррозии, кавитации и абразивного износа; ремонта поврежденных резиновых и полиуретановых покрытий

SKF, FAG, INA, TIMKEN и другие подшипники

Манжеты, шнуры и уплотнительные кольца

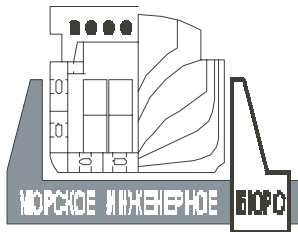
Приводные ремни - отечественные и импортные

196066, г. Санкт-Петербург, а/я 232

тел: +7(906) 240-3538, факс: +7(812) 708-5607

www.bestmechanics.narod.ru

e-mail: loctite@list.ru



Одесса

ул. Тенистая, 15,
г. Одесса, Украина, 65009
Тел: +380 (482) 347928,
Факс: +380 (482) 356005
e-mail: office@meb.com.ua

С.-Петербург

Кронверкский проспект, 33, офис 18,
г. Санкт-Петербург, Россия, 197101
Тел/факс: +7 (812) 2336403
/ 2328538 / 2380959
e-mail: meb@peterlink.ru

www : http : // www . meb . com . ua

НАМ 10 ЛЕТ



Морское Инженерное Бюро – негосударственная проектно-конструкторская и инженерная фирма, признанная Российским Морским Регистром судоходства, Российским Речным Регистром и Регистром судоходства Украины. По состоянию на апрель 2005 г. по 17 проектам Бюро было сдано в эксплуатацию 24 судна и находилось в постройке еще 22 судна.

Научная квалификация, обширный опыт конкретных разработок, современные компьютерные технологии и передовая инфраструктура, имеющие в распоряжении сотрудников Морского Инженерного Бюро, позволяют решать проблемы, возникающие при эксплуатации судов качественно и в самые кратчайшие сроки.



Основные виды деятельности предприятия:

- разработка предконтрактных и классификационных проектов, проектов «конверсии», модернизации и обновления (реновации) морских, внутреннего и смешанного (река-море) плавания судов, в том числе нефтеналивных, сухогрузных судов, железнодорожных паромов, газозов, природоохранных судов, барже-буксирных составов под любое классификационное общество;
- подготовка проектов переклассификации, изменения назначения, повышения грузоподъемности и контейнеровместимости судов;
- подготовка и проведение процедур САР для нефтеналивных, комбинированных судов и газозов требований РС;
- оценка технического состояния корпусов судов; расчеты фактической прочности по данным дефектации; обоснования эксплуатационных ограничений;
- анализ фактического выполнения требований международных конвенций;
- экспертные оценки ремонтных ведомостей, уменьшение объемов ремонта корпусов; подготовка программ дефектации корпусов навалочных и наливных судов в соответствии с требованиями МАКО;
- прочностные обоснования выдачи судовых документов на 5 лет для судов смешанного плавания старше 15 лет;
- прочностные обоснования нестандартных постановок в док судов с грузом и поврежденными корпусами;
- разработка эксплуатационной документации;
- подготовка проектов перевозок нестандартных грузов;
- разработка судовых программ расчета загрузки, остойчивости, прочности;
- экспресс-консультации и экспертные оценки по вопросам технической эксплуатации судов, проектных и предпроектных проработок;
- научные исследования по заказу классификационных обществ;
- расчетная поддержка аварийно-спасательных мероприятий.



Наш девиз – «Надежность, оперативность и европейское качество».

1. INTRODUCTION

The use of screw propellers with shifted blade connection (PSBC) results in improving of a number of blade propellers performance characteristics i.e.:

- decrease propeller's vibroactivity [1];

- improve cavitation characteristics of propeller according to the initial forms of cavitations [2];

- improve hydrodynamics efficiency of contra rotating propellers at variable mode of operation [3, 4];

- ensure in wide range of propeller loads correlation between propeller and main engine [5].

The last of the listed functions of the PSBC allows in some cases to consider it as similar to control pitch propeller (CPP). Naturally this feature makes the PSBC look like an alternative technical solution in relation to the CPP and taking into account its comparative simplicity, reliability and cost turns it into a very attractive propeller for designers. The PSBC has only one disadvantage compared to a CPP: to reverse a ship it is necessary, like in case with fixed pitch propellers to change the direction of propeller shaft rotation. Such procedure takes much time and results in a rather large distance of ship stopping which does not contribute to the safety of navigation. However the above mentioned drawback of PSBC is negligible if the PSBC is mounted on steering thruster taking into consideration that stopping and reverse of a ship is carried out by rotating it around for 180° and without propeller shaft reversing which takes less time and shortens stopping distance.

2. DESCRIPTION OF PROPELLER DESIGN AND PRINCIPAL OF OPERATION

In the formula of claim for patent the construction screw steering thruster with PSBC is described in such a way [6].

“Ship propeller arrangement of type “steering thruster”, including one or two propellers with transmission placed in flow around casing, differing by blades concerned at least with one propeller connected with hub movably with the able of displacement them relative to propeller disk by rotating it around axis going through root part of blade and (or) displacement it along this axis. As an example a steering thruster with two contra rotating PSBCs is shown in the fig.1.

It operates as follow: the ship engine (is not shown in the figure) through mechanical transmission (it is possible to use electrical one) including hollow shaft 1 and shaft 2 drives the propellers. The shifting blade 3 of the stern propeller is effected by centrifugal Q_c and hydrodynamic Q_H moments relative to the shaft 4 (see fig. 2.) caused by centrifugal and hydrodynamics forces.

The moments are contra acting and the relative displacement of blade 3 of the stern propeller 5 in the direction opposite to its rotation together with the propeller corresponds to the increasing moment of centrifugal force and decreasing of hydrodynamic force moment as the arm of centrifugal force is increasing and pitch is decreasing . When the blade 3 deflects in the opposite direction the picture is quite different. So the position of blade 3 on the hub is defined by the equality of contra acting moments. The similar statement is true for the bow propeller 6. Depending on the mode of the

EFFICIENCY ESTIMATION OF VARIABLE PITCH PROPELLER ON STEERING THRUSTER*

Leonid I. Vishnevsky, D.Sc, Krylov Shipbuilding Research Institute, **Viktor E. Krasavtsev**, Ph.D, State Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT,

Anatolij-Branko R. Togunjac, Ph.D, State Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT

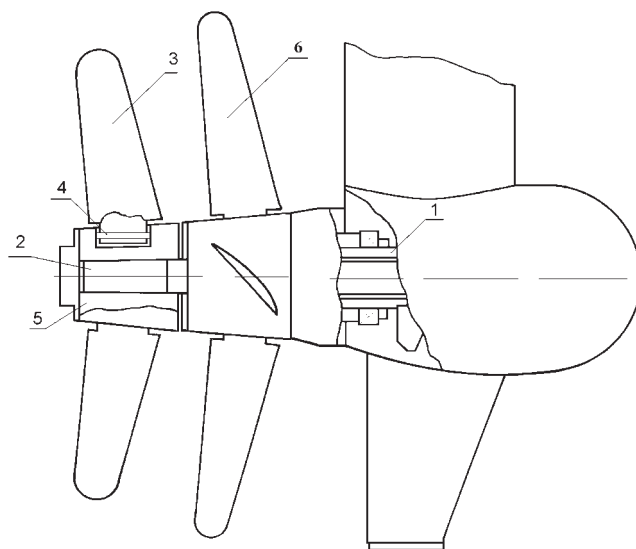


Fig.1. Steering thruster with contra rotating PSBCs

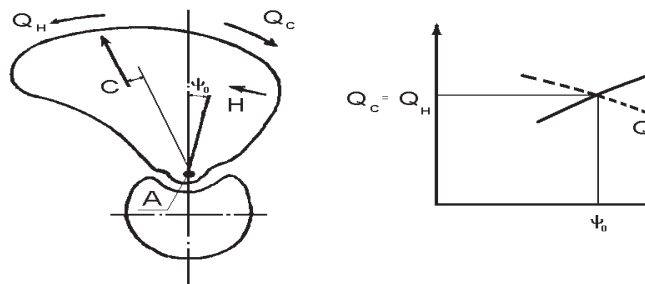


Fig. 2. Scheme of forces effecting the shifted blade

propulsion plant performance i.e. propeller load, the positions of blades will be different. It results in the changing of geometric characteristics of the blade and, correspondingly in the changing of its hydrodynamics characteristics bringing into correspondence performance characteristics of screw and engine and excluding the necessity to use a CPP for this purpose. For contra rotating propellers it is especially important as the of CPPs for this type of propeller is extremely difficult due to complicated technical solution. (The authors have never faced with the use of a CPP in such situation).

Due to rotation of steering thruster for manage to maneuver ship the blades of PSBC are placed in oblique flow and oscillate at the frequency of rotation of shaft line. This mode

* This article was presented by the authors as paper on XVI Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding-SORTA-2004 (Plifvice Lakes, Croatia, 21-23 October, 2004).

is after-resonance in relation to nature blade frequency. The last is considered as solid body oscillation on the hub relative to point A (fig.2). It allows not only to remove a variable hydrodynamic load with torque but also makes it possible to exclude transverse forces arising in case of the PSBC operation in oblique flow and, as a result, to decrease the hydrodynamic torque necessary to rotate the steering thruster being used as a steering device during the ship's motion.

The mechanism of transverse force arising on a traditional screw propellers operating in oblique flow is well known. The transverse force arises due to tangential force providing the torque relative of propeller axis. It is less when the blade is moving with oblique flow then quantity of the same force arising on the blade and moving opposite oblique flow. As a result the summarized force named as transverse force does not turn into zero. Similar picture is being watched at the movable blades. However in this case due to oscillating at the after resonance mode an additional inertia force caused by mass of blade and additional water mass is observed. The direction of this force is opposite to variable hydrodynamic force that is why the last may be compensated considerably by the mentioned before. As a result, the transverse force may not be present on the blade of PBSC, which in turn may completely exclude the contribution of transverse force into the hydrodynamic torque arising on the steering thruster.

3. MODEL EXPERIMENT, DESIGN OF SHIFTED BLADE AND EVALUATION OF EFFICIENCY

The results of modal comparative tests in cavitation tunnel of the Krylov Institute illustrate the general picture of hydrodynamics characteristics, see fig. 3, 4.

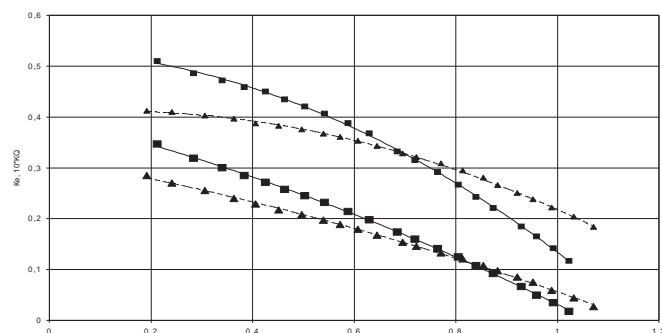


Fig. 3. Hydrodynamics characteristics, FPP (■) and PSBC (▲)

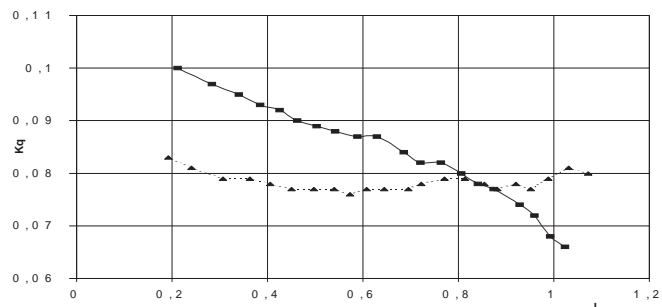


Fig. 4. Changing of coefficient of transverse force, FPP (■), PSBC (▲)

The hydrodynamic curves of PBSC look more flatten then those of the fixed blade propeller (FPP), fig. 3. Geometry of blades of the propellers being compared is similar. The tested PSBC was designed for flow without oblique flow that is why the full compensation of transverse force arising in oblique flow by inertia load are not realized, fig. 4. At the same

time the results show that coefficient of transverse force related to "free" blades in wide range of mode operation (in the range of advance ratio $J = 0.2 \div 0.85$) is less then the same coefficient related to FPP.

Let us find the condition that will be met by the geometry of shifted blade and provided the complete compensation of transverse force by inertial load. The forces being the result of liquid effecting on the blade may be defined according to hydrodynamics characteristics obtained in forward flow depending on the instant advance ratio according to formula

$$J = J_0 \cos \delta / (1 - C \frac{J_0 \sin \delta}{\pi 0.67} \sin \beta) \quad (1)$$

where J_0 – design value of advanced ratio; δ – angle of oblique flow; C – experimental coefficient, defined in depending on the propeller load and oblique flow and taking into account the effect of non-stationary; $\beta = \omega t$ – angle of rotation of blade, ($\omega = 2\pi n$, t – time, n – frequency of rotation propeller).

Knowing the minimum and maximum values of instant advance ratio from the formula (1) it is easy to define the transverse force arising in oblique flow on FPP. It will be equal to:

$$\bar{Z} = \frac{Z}{\rho n^2 D^4} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{r_0} k = \frac{\Delta K_Q}{0.67} k, \quad (2)$$

where ΔK_Q – range of oscillation of hydrodynamic moment coefficient; Q_{\max} , Q_{\min} – minimum and maximum of values hydrodynamic moment coefficients; $r_0 = 0.67D/2$ (D – propeller diameter); k – coefficient which takes into account the deflection of transverse force from its maximum value which is acting on it during one turn of the propeller.

In case of sinusoidal changing of the force mentioned (which is close to oblique flow) coefficient $k = 0.64$. Thus it may be concluded that

$$\bar{Z} \approx \Delta K_Q \quad (3)$$

In case of shifted blades in propeller disk the inertia moment is acting in the opposite direction relative to the hydrodynamic moment. The quantity of the last relative to the axis of rotation on the hub is defined by the formula

$$Q_I = J_A \psi'' = -J_A A \omega^2 \sin \beta, \quad (4)$$

where A – amplitude of angle blade shifting; J_A – inertia moment of blade together with additional moments relative to axis of its rotation on the hub.

Then, transverse force connected with blade mass and additional mass relative to axis on the hub and directed against to transverse hydrodynamics force is defined with the formula

$$Z_I = \frac{Q_{I\max} - Q_{I\min}}{r_I} = \frac{2J_A A \omega^2}{r_I}, \quad (5)$$

where r_I – inertia reduce of blade together with additional moment of inertia relative to the axis of rotation on the hub.

In case of shifting blades in propeller disk the coefficient of transverse force may be defined as

$$\bar{Z}_\Sigma = \bar{Z} - \bar{Z}_I = \Delta K_Q - \frac{2J_A A \omega^2}{r_I \rho n^2 D^4} = \Delta K_Q - \frac{\pi^2}{2} \bar{J}_A \frac{\rho_b}{\rho} A, \quad (6)$$

where ρ and ρ_b – water density and density of blade material consequently.

Let us suggest that geometry of PSBC is designed in such a way that compensation of transverse force is full. Such evaluation t in decreasing hydrodynamics moment which is needed to steering thruster with PSBC when it is used as

steering device. In this case the geometry of PSBC must be chosen with condition $\bar{Z}_z = 0$, see (6)

$$\bar{J}_A = \frac{2\Delta K_Q \rho}{\pi^2 \rho_b A}, \quad (7)$$

where ΔK_Q – amplitude of quantity of moment coefficient, defined from one rotation at the defined oblique flow.

Let us assess the efficiency of PSBC using comparative calculation of hydrodynamic forces acting on steering thruster equipped on trawler project 13010 [7, 8]* as an example.

The principle dimensions and coefficients of theoretical ship drawing are as follows:

- length between perpendiculars $L_{pp} = 46.2$ m;
- breadth $B = 11.2$ m;
- draft $T = 4.8$ m;
- displacement $\nabla = 1593$ m³
- block coefficient $C_B = 0.61$;
- middle section coefficient $C_m = 0.929$;
- propeller diameter $D = 2.8$ m.

For calculation KaMeWa steering thruster make has been chosen, size 24, fig. 5.

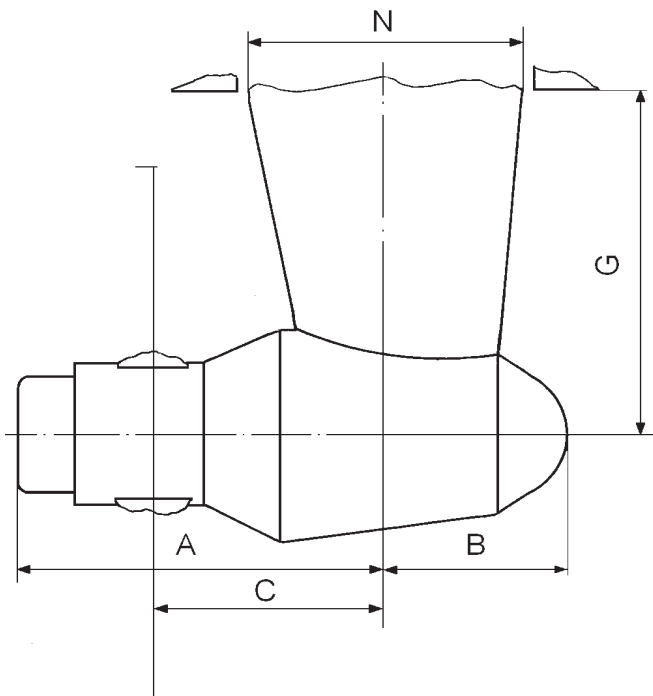


Fig. 5. General view and size KaMeWa steering thruster ($N=1310$ mm, $G=1755$ mm, $B=880$ mm, $C=1100$ mm, $A=1755$ mm)

The effecting of hydrodynamics forces on column with pushing and pulling propellers is different. For the range of angles of rotating column $\delta = 0 \pm 35^\circ$, being typical for traditional rudders, the schemes of forces will be similar to those shown in fig. 6 for $\delta = 16^\circ$. The transverse force, arising on the pushing type of with fixed blades, tends to decrease the rudder angle and creates the moment relative to rudder stock being opposite to hydrodynamics moment arising from the force which is effecting the column's body, fig. 6a. As for the pulling type: the transverse force of propeller tends to increase rudder angle and creates a moment similar to that arising from the force effecting the column's body, fig. 6b.

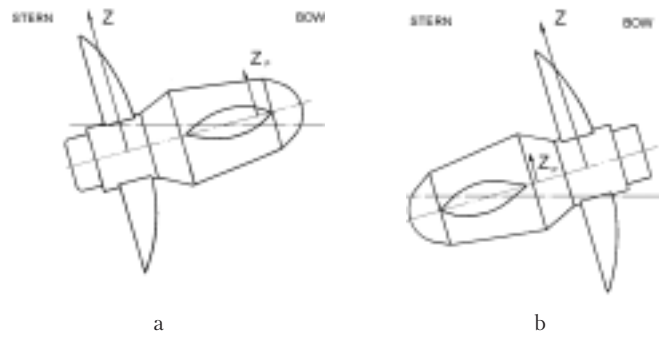


Fig. 6. Scheme of hydrodynamics forces effecting the rotating column, pushing type (a) and pulling type (b), Z – transverse propeller force, Z_p – force effecting the body

For the evaluation of transverse force effecting a propeller with non-moving blades (it may be both a controllable pitch propeller or a fixed pitch propeller as well or control pitch propeller (CPP)) operating in oblique flow the results of model tests shown in fig. 3,4 have been used. At the mode of trawling ($V_s = 6$ knots) the taken pitch ratio P/D of CPP of project 13010 corresponds P/D of model which was tested in oblique flow, see fig. 3,4. The transverse force of the propeller of the mode being considered ($\delta = 16^\circ$, $n = 153$ min⁻¹, $V_s = 6$ knots) was 29% of propeller pulling while a ship is running forward.

The calculation made for the column with a pulling propeller at trawling at $\delta=16^\circ$ showed that the moment relative to rudder angle due to hydrodynamics force acting on body column is only 10% due to the moment of transverse force acting on propeller (the calculation was based on the rudders data [9]). For the steering thruster with a pulling propeller the similar evaluation was not made however it is apparent that the prevailing force that creates the moment on the rudder axis is represented by the propeller's transverse force. Thus removing or decreasing of the propeller's transverse force by using PSBC results in considerable minimization of efforts used to rotate the steering thruster in a wide range $\delta = 0 \pm 35^\circ$ i.e. in ordinary condition of ship steering. This conclusion is correct when contra rotating propellers are used as well.

The most unfavorable conditions of propeller operation are stop crushed modes and reversing of ship. During reversing of ship by using rotating of steering thruster for 180° at first propeller operates in highly oblique flow, further (at $\delta \approx 90^\circ$) practically without axial velocity, i.e. at close to stopping mode and, at last, before ship stopping – at the mode of reverse flow (propeller hydrodynamics characteristics corresponds to second quadrant [10], fig. 7).

Design features of steering thruster restrict parameters which characterize the mode of reversing which results in the use of such loads that are applicable from the point of reliability and strength. As a rule it is expressed in the restrictions of speed of steering thruster rotation and speed of propeller rotation (to decrease power delivered to the screw propeller). The research studies performed by the authors (Vishnevsky L.I. and Togunjac A.R.) in the cavitation tunnel of the Krylov Shipbuilding Research Institute in 1987 showed that at the mode of reverse flow maximum hydrodynamics loads had been observed at the blade frequency, fig. 8a

* The development of project 13010 trawler has been ceased at the technical stage, however the results of detailed model tests being carried out in Krylov Ship Research Institute tank make it possible to use them as the data of project 13010 for the efficiency evaluation of new technical solutions and in particular in using the PSBC. The principal variant of 13010 suggested the use of ducted CPP.

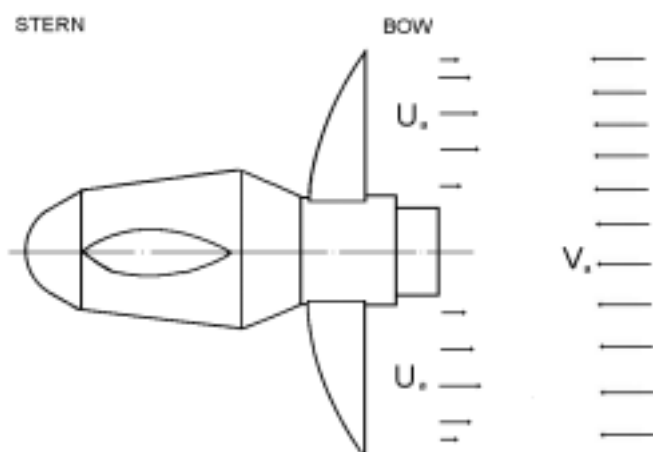


Fig.7. Mode of reversing flow

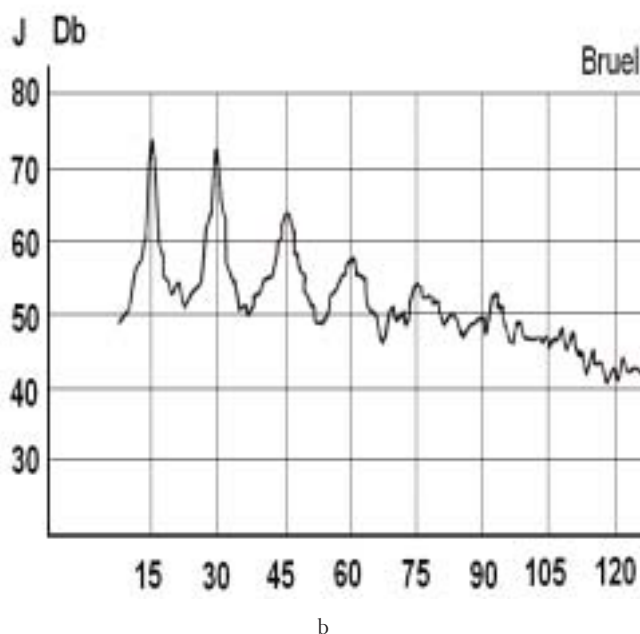
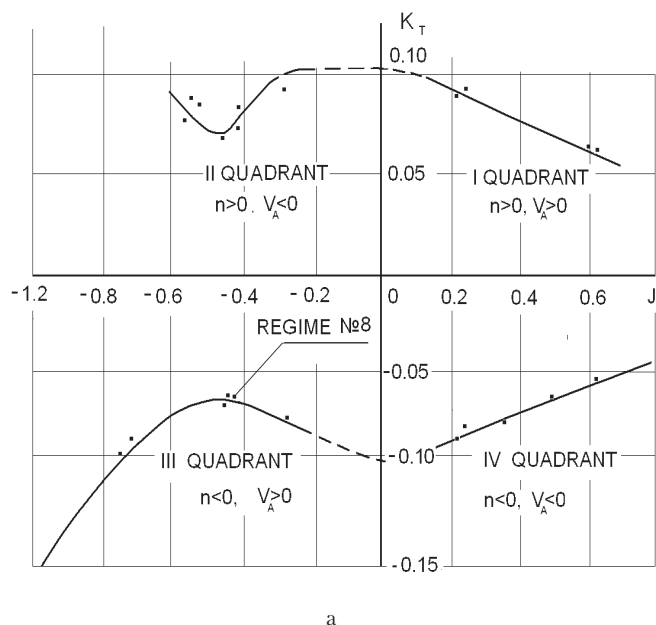


Fig.8. Model tests of propeller blade hydrodynamic load in reverse flow mode:

a – curve of action K_T – J blades in four quadrants;
b – spectrogram of blade thrust, III quadrant,
 $n = -15$ 1/c, $J = -0.414$ (mode No 8)

So it may be concluded that the described above mechanism of decreasing variable hydrodynamic forces acting on steering thruster due to the use of PSBC will operate successfully in the mode of reverse flow as well, and the above mentioned restrictions both on the speed of column rotation and speed of propeller rotation will be partially or fully removed.

Decreasing of time of steering thruster rotating for 180° at crush stopping and removing or minimizing of restrictions on power delivered to the propeller will result in shorter way of ship stopping and time of its full stop and, consequently, in the safety of navigation.

4. CONCLUSION

According to the results obtained with PSBCs mounted on steering thruster it is possible to conclude:

- equipping a steering thruster with PSBC will considerably minimize efforts for its rotation within the range of turning (for the pushing type for more than two times);
- applying PSBC is an alternative to CPP, which is very important for contra rotating propellers;
- use of PSBCs for steering thruster is perspective from the point of improving the reversing characteristics of ship i.e.: decreasing of the stopping way and saving time necessary to stop a ship.

The last statement needs to be supported by further research studies. ■

REFERENCES

1. *Vishnevsky L.I.* Propellers With Free Blade Connections // Problems of Ship Hydrodynamics, Krylov Shipbuilding Research Institute, 1994.
2. *Vishnevsky L.I., Togunjac A.R.* Comparative Cavitation Characteristics of Variable Pitch Propeller and Fixed Pitch Propellers Operated in Non – Uniform Flow. – Third International Conference” Navy and Shipbuilding Nowadays”, NSN 2003, Saint-Petersburg, Russia, 2003.
3. *Вишневецкий Л.И., Тогуняц А.Р.* Судовой движитель: Патент на изобретение № 2191136 // Официальный бюлль. «Изобретения». – 2002. – № 29. (20.10). – ВНИИПИ.
4. *Vishnevsky L.I., Krasavtsev V.E., Togunjac A.R.* Some Aspects of Hydrodynamics of Contra – Rotating Propellers With shifted Blade Connection on the Hub. – 15 th International Scientific and Professional Congress “Theory Practice of Shipbuilding” SORTA 2002, Trogir, Croatia, 2002.
5. *Marshall Don S.* Variable Pitch Marine Propeller. United States Patent № 4, 297, 079.
6. *Вишневецкий Л.И., Оглоблин Ю.Ф., Тогуняц А.Р., Шляхтенко А.В., Форст А.А.* Судовая движительная установка типа «поворотная колонка». Патент на изобрет. № 2248302. – Бюлль. «Изобретения». – 2005 (20.03). – № 8. – ВНИИПИ.
7. *Togunjac A.R., Kaprancev S.V.* Projektiranje i modelsko ispitivanje djelotvornosti kontravijjka // Brodogradnja 42. – 1994. – 2. – P.127-133.
8. *Togunjac A.R.* New Designs of Propulsions for Fishing Vessels. Teorija i praksa – Brodogradnje, SORTA-1996, Zagreb, Croatia, 1996.
9. *Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Тутов И.А.* Справочник по теории корабля. – Л.: Судостроение, 1973, с. 447.
10. *Войткунский Я.И.* Справочник по теории корабля. – Т.1. – Л.: Судостроение, 1985, с. 721-723. ■

Проблема транспортного обслуживания пунктов с необорудованным берегом, значительная часть которых расположена на побережье арктических морей, продолжает оставаться актуальной на протяжении десятилетий.

Арктические перевозки России осуществляют морской флот, речные суда, суда смешанного плавания, железнодорожный, автомобильный и воздушный транспорт. Учитывая географическое островное положение ряда пунктов снабжения и расположение других на побережье северных морей, их природно-климатические условия и объемы перевозимых грузов, морские перевозки часто являются единственно возможным либо преимущественным вариантом доставки снабженческих грузов.

Арктические морские перевозки включают: трансарктические, транспортировку полезных ископаемых и леса, доставку грузов снабжения.

Потоки грузов снабжения можно условно разделить на две группы:

- мелкопартионные перевозки, величина которых остается стабильной в течение многих лет (перевозки в большинстве арктических пунктов);

- перевозки, связанные с геологоразведочными работами и освоением месторождений полезных ископаемых, для которых объем грузопотоков достигает сотен тысяч тонн.

В данной статье рассматривается проблема первого рода.

По данным ЦНИИМФ, количество пунктов с необорудованным берегом России – порядка 100, для них характерен устойчивый грузопоток с устойчивой структурой; пункты расположены в сложных климатических условиях.

Рассматривая пути совершенствования доставки грузов снабжения в пункты с необорудованным берегом (ПНБ) можно выделить два направления:

- создание новых типов судов-снабженцев и перегрузочных средств, т.е. усовершенствование существующей линейной системы доставки грузов (рис.1);

- организация магистрально-фидерной системы завоза грузов, включая доставку грузов транспортными судами в базовые северные пункты (магистральная подсистема), и развоз грузов фидерными снабженцами из базовых портов в ПНБ, по районам тяготения (фидерная подсистема).

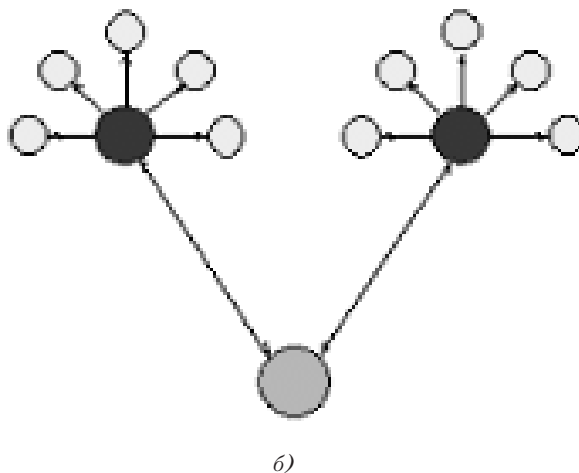
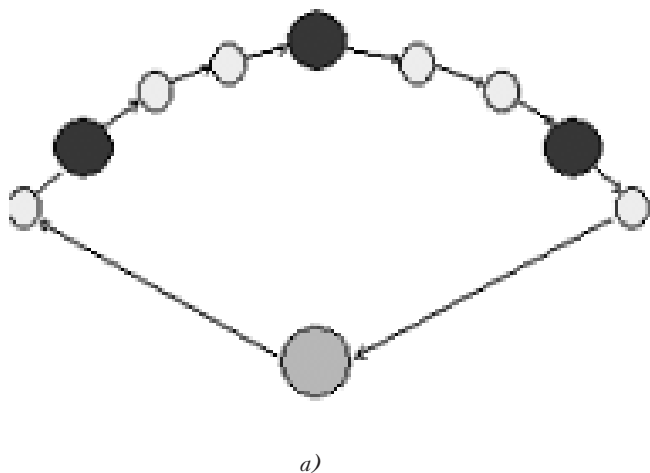


Рис.1. Графы линейной (а) и магистрально-фидерной (б) схем доставки грузов в пункты с необорудованным берегом.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ФИДЕРНОГО ФЛОТА СНАБЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ПУНКТОВ С НЕОБОРУДОВАННЫМ БЕРЕГОМ

Г.Ф. Демешко, д-р техн. наук, проф.,
В.И. Могилевский, инж., СПбГМТУ

Магистрально-фидерная система подразумевает:

- исключение рейдовой перевалки грузов;
- сокращение потребности в судах транспортного флота;
- пополнение флота судов фидерных снабженцев, приспособленных к разгрузке в условиях необорудованного берега;
- возможные капиталовложения в береговые сооружения.

На рис.1. представлены две схемы доставки грузов в ПНБ. Предметом рассмотрения и оптимизации является фидерная подсистема магистрально-фидерной транспортно-технологической схемы.

Вербальное описание постановки задачи. Предполагается следующее:

- базовые пункты на Севере существуют;
- ПНБ разделены на группы так, что в каждую группу грузы доставляются из соответствующего базового пункта;
- объемы перевозок определены;
- грузы снабжения включают: генеральные, овощи и фрукты, ГСМ, уголь;
- в каждый пункт требуется доставлять все четыре вида груза;
- имеется поток обратных грузов из ПНБ в базовые пункты;
- ПНБ различаются требуемым количеством грузов;
- ПНБ расположены в различных географических условиях;

– количество судов в серии влияет на строительную стоимость судна;

– капиталовложения в создание комплекса ограничены.

Рассматриваются следующие типы транспортных средств – фидерных снабженцев: водоизмещающие суда; суда на воздушной подушке; вертолеты.

Принимаются во внимание береговые сооружения обеспечения флота: причалы, береговые площадки для СВП и водоизмещающих судов с носовой аппарелью, ремонтные базы.

Предполагается, что состав флота определяет необходимые береговые сооружения в каждом пункте; суда могут доиспользоваться, и линии доиспользования заданы.

Предстоит проектирование максимально-эффективного комплекса транспортных средств доставки грузов из базовых пунктов в ПНБ. Задача относится к классу задач внешнего проектирования [1].

Модель функционирования. Особенностью постановки задачи является то, что схема функционирования флота до начала решения задачи оптимизации не задана, а строится алгоритмически в ходе выполнения задачи и отражает процесс работы флота за принятый на практике временной интервал, т.е. за навигацию или год. Схема функционирования флота складывается из схем функционирования отдельных судов, его составляющих. Основанием для данного подхода к решению явилась работа [2], выполненная в 1971 г. в ЛГУ, в которой решалась классическая транспортная задача, однако в целочисленной постановке, и одним из важнейших результатов было то, что модель задачи позволяла получить реальную оптимальную систему допустимых маршрутов транспортных средств. Этот же подход и предлагается применительно в данном случае.

Схема функционирования судна определяется как набор линий, объединенных в допустимый маршрут судна наиболее эффективным образом, либо как набор пунктов перевозок в порядке обхода их судном.

Понятие маршрута служит для определения схемы работы судна, моделирования транспортного процесса, и в зависимости от принятого алгоритма построения схемы функционирования может вводиться двумя способами:

– *маршрут H судна s* есть упорядоченный набор линий, на которых судно работало в течение эксплуатационного периода с учетом линии перехода к пункту отстоя и ремонта.

$$H = (S, u_{i_p}, u_{j_p}, \dots, u_{m_i}).$$

– *маршрут H судна s* есть упорядоченный набор из номера транспортного средства и номеров пунктов перевозок в порядке обхода их судном в течение эксплуатационного периода, а также пункта постановки судна на ремонт и отстой:

$$H = (S, i_p, j_p, \dots, i_m, i_n).$$

Допустимыми считаются маршруты, для которых выполнены следующие ограничения:

– тип судна совместим со всеми пунктами маршрута, а также

– со всеми видами грузов, перевозимых на маршруте;

– для каждого пункта время посещения судном пункта находится в пределах времени, когда навигация в пункте для данного судна открыта.

Для заданного множества судов, составляющих флот, набор наиболее эффективных допустимых маршрутов представляет рациональную схему функционирования флота.

Таким образом, для формирования схемы функционирования флота необходимо построение множества всех допустимых маршрутов судов, входящих в состав флота, и выделение из этого множества подмножества оптимальных маршрутов.

Определим переменные X_H (количество судов на маршруте), которые обеспечивают максимум целевой функции

F , где F – чистый ежегодный доход по комплексу транспортных средств, при выполнении следующих условий:

– заданных объемов перевозок по каждому базовому и НБП;

– ограничений капиталовложений;

– ограничений по количеству судов уже построенных, дальнейшее производство которых не осуществляется, здесь X_H – целое неотрицательное число.

Решение задачи. Рассматриваемая задача относится к классу задач целочисленного программирования. Поиск целочисленного решения осуществляется поэтапно, параллельно построению системы допустимых маршрутов, при этом решения на более поздних этапах детализируют и дополняют уже имеющееся частичное решение. Используются элементы линейного программирования. Для построения маршрутов судов применяется процедура динамического программирования.

На первом этапе маршруты судов предполагаются маятниковыми, что соответствует работе судна в течение эксплуатационного периода на одной линии. Решается задача оптимизации в нецелочисленной постановке. В результате решения задачи первого этапа получается система оптимальных маршрутов, которая фиксируется; маршрутам приписываются только целые количества судов, а также объемы перевозок, выполненные этими судами. Если хотя бы одному маршруту соответствует нецелое количество транспортных средств, то в результате решения задачи данного этапа остаются невыполненные перевозки. С этим объемом перевозок должна решаться задача второго этапа.

На втором этапе решения задачи маршруты судов представляются как наборы линий; при этом предполагается, что судно в процессе эксплуатационного периода последовательно обслуживает несколько линий, а линии объединяются в маршруты наиболее целесообразным способом. Решается нецелочисленная задача оптимизации. Маршруты для включения в базис строятся с помощью процедуры динамического программирования. В результате строится система оптимальных маршрутов, которая фиксируется; маршрутам приписываются только целые количества судов, а также объемы перевозок, выполненные этими судами. Данная система, с целым количеством транспортных средств, включается в оптимальный план целочисленной задачи путем добавления к системе маршрутов с целым количеством судов первого этапа. Если хотя бы на одном маршруте количество судов нецелое, то после второго этапа остаются невыполненные перевозки. С этими объемами перевозок должна решаться задача третьего этапа. Схема алгоритма задачи второго этапа показана на рис.2.

На третьем этапе маршрут судна представляется как набор пунктов, которые судно обходит в течение эксплуатационного периода наиболее целесообразным образом. Решается целочисленная задача с оставшимися от первых двух этапов объемами перевозок. Вычисления производятся следующим образом. По процедуре динамического программирования находится маршрут с наивысшей оценкой. Затем выполненные на маршруте перевозки исключаются из дальнейшего рассмотрения, и строится следующий маршрут. Процесс продолжается до тех пор, пока все заданные объемы перевозок не будут выполнены. В результате решения задачи третьего этапа получается система оптимальных маршрутов с целым количеством судов на них, которая включается в решение поставленной целочисленной задачи.

Качество метода может быть проверено путем сравнения с решением задачи поставленной как нецелочисленная гладкая и линейная.

ВЫВОДЫ

В результате решения задачи оптимизации флота с использованием вышеописанного подхода строится оптималь-

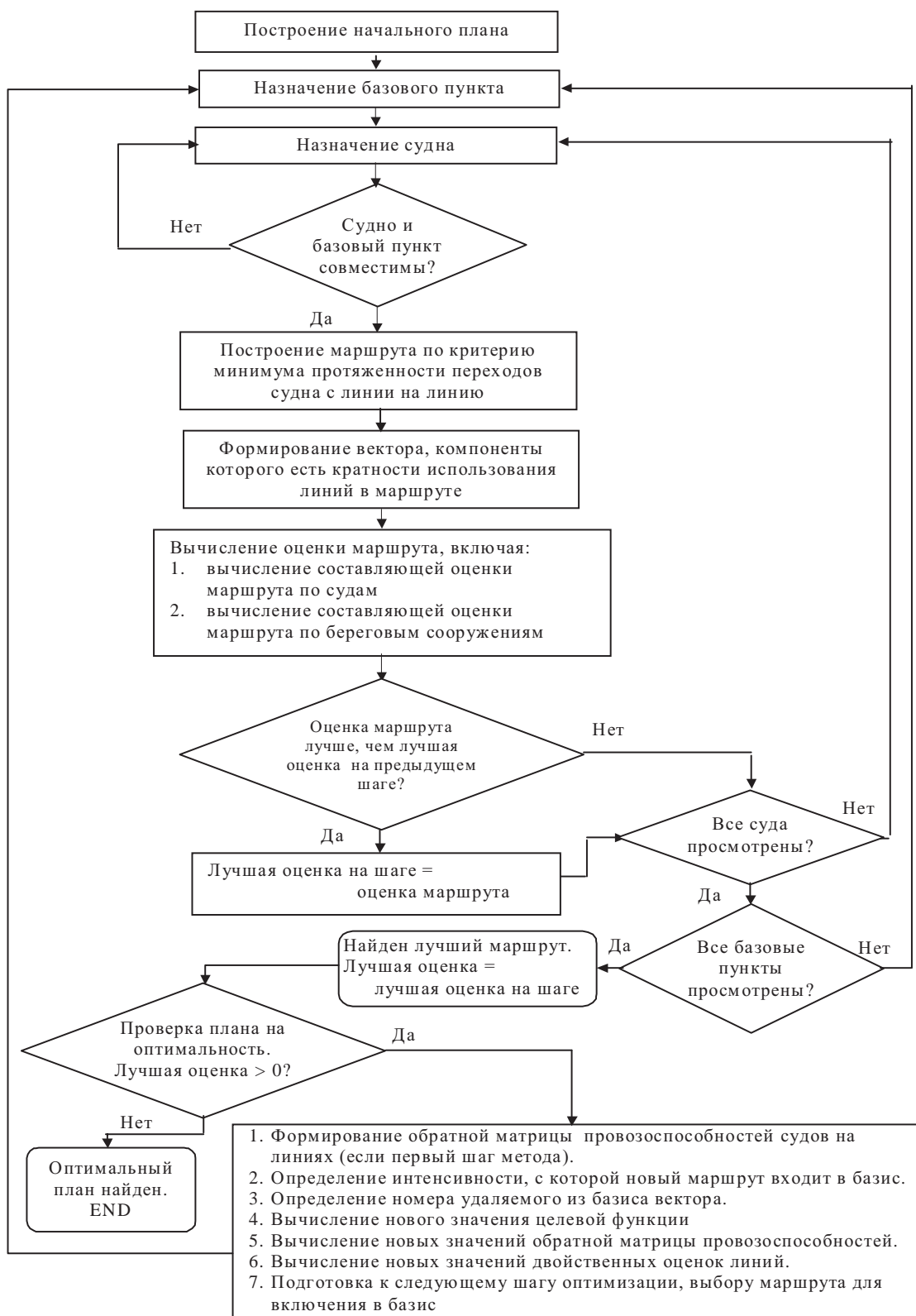


Рис.2. Схема алгоритма оптимизации с алгоритмическим формированием маршрутов судов как наборов линий перевозок

ный план, определяющий состав флота и схему его функционирования, как набор маршрутов судов. Количество судов на маршрутах – целое.

Предлагаемый целочисленный подход с формированием схемы работы флота делает результаты решения задачи более наглядными, а также улучшает качество решения для случая, когда количество судов невелико, что характерно для рассматриваемого флота снабжения арктических пунктов с необорудованным берегом. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин В.М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
2. Аникеич А.А., Бобарыкин В.А., Грибов А.Б. Автоматизация ежедневного планирования работы грузовых автомобилей. – М.: Транспорт, 1971. ■

Рецензент: Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

В современной практике исследовательского проектирования судов главное внимание обращается на обоснование оптимальных значений проектных характеристик. Надежность оптимизационных разработок в наибольшей степени зависит от полноты логико-аналитических моделей, на базе которых ведутся проектные исследования. Если сравнить характер исследовательского проектирования в нашей стране сейчас и лет двадцать назад, то необходимо отметить несколько особенностей:

1) проектная практика более тесно связана с применением опыта зарубежных фирм (вплоть до использования импортных систем автоматизированного проектирования по наиболее распространенным типам судов), однако остается актуальной необходимость параллельных исследований и программно-компьютерных разработок, чтобы не отстать от мирового уровня и не попасть в чрезмерную зависимость от иностранцев;

2) непосредственно для отечественного рынка более типичными стали разработки относительно небольших по размерениям судов; на первый взгляд, для таких судов модели проще, но фактически именно таким судам в теории проектирования раньше уделялось недостаточно внимания, и некоторые вопросы для них приходится исследовать заново;

3) наши исследовательские и проектные организации заинтересованы в привлечении иностранных заказчиков, поэтому спектр типов судов для перспективных исследований должен быть гораздо шире, чем раньше; в такой ситуации эффективными должны быть модульные подходы.

Многообразие типов судов и других объектов морской техники приводит к необходимости формирования множества оптимизационных моделей для проектного обоснования принимаемых решений [1, 3]. Эти системные модели содержат ряд повторяющихся программных модулей, применение которых вновь тем удобнее, чем более четко проведено подразделение моделей на алгоритмические подсистемы.

Под алгоритмическими подсистемами подразумеваются уравнения, неравенства и другие логико-аналитические описания взаимосвязей характеристик и свойств судов, представленные не только в виде формул, но также в графическом, табличном, описательном и программно-формируемом виде. Таким образом, часто применяемое в теории проектирования судов понятие «уравнения» (распространяемого обычно и на неравенства) обобщается в данной статье и обозначается термином «алгоритмическая подсистема».

ФОРМИРОВАНИЕ ГИБКИХ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ

Б.А. Царев,
д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ

По мере наработки базы данных по алгоритмическим подсистемам появляется возможность при разработке новых оптимизационных моделей для оригинального типа судна использовать концепцию гибкой алгоритмической модели (ГАМ). Обычно от алгоритмической модели на следующем шаге предусматривается переход к созданию комплексов программного обеспечения вплоть до формирования подсистем и систем автоматизированного проектирования. Поэтому в соответствие ГАМ может быть поставлена гибкая программная система или подсистема, собираемая из программных модулей или подмодулей в структурном подобии с ГАМ.

Формирование ГАМ из имеющегося набора алгоритмических подсистем (при дополнении двумя-тремя вновь разрабатываемыми подсистемами) должно производиться на основе ранжирования по принципу функционального доминирования подсистем и (или) признаков оптимизируемого судна. Такой же фактор доминирования определяет состав и последовательность вновь разрабатываемых алгоритмических подсистем.

С позиций функционального доминирования логично выделение трех системных моделей проектного анализа судна: эксплуатационной, построечной и проектно-концептуальной, состоящих соответственно из функциональных, конструктивно-технологических и алгоритмических подсистем [5]. Указанные подсистемы взаимосвязаны, но имеющиеся аналоги в каждой из трех моделей формируются не только из одноименных модулей, но и включают в себя в одной из моделей такие модули, которые не принадлежат к одноименным подсистемам в

другой модели. Сами модели в совокупности образуют трехкомпонентную комплексную логико-аналитическую модель оптимизации проектируемого и строящегося судна. Особенности такой супермодели зависят от типа функционального доминирования и от его влияния на существенные алгоритмические подсистемы.

Важно отметить, что кораблестроительные системы и их модели являются эргатическими, т.е. в них с техническими компонентами тесно переплетены люди в качестве управляющих элементов подсистем. В эксплуатационной системной модели эргатичность выражена наиболее явно. Для грузовых судов в экипаже четко выделены подсистемы «палубная команда» и «машинная команда». На военных кораблях роль подсистем играют боевые части – штурманская, ракетно-артиллерийская, минно-торпедная, машинная и т.д. В построечной модели эргатичность весьма своеобразная: люди из экипажа в ней отсутствуют, но в качестве временного эргатического компонента при создании каждой сборочно-монтажной единицы типа узла, секции, блока участниками процесса являются конкретные инженеры и рабочие с соответствующим технологическим оборудованием. Наконец, в проектировочном процессе почти в каждой алгоритмической подсистеме в качестве виртуальных элементов предполагается участие конкретных членов экипажа, а сам процесс проектирования и оптимальность его результатов, конечно же, зависят от людей – проектантов. Особенно ярким примером проявления роли членов экипажа является для парусных яхт легкого типа алгоритмическая подсистема «Остойчивость». В ее концепции предусмот-

рено и непосредственное участие экипажа в обеспечении остойчивости в виде откренивания, и принятие мер по уменьшению площади парусов («взятию рифов») при угрозе усиления силы и скорости ветра.

По степени проявления функционального доминирования в типизационных случаях наиболее характерными являются следующие доминирующие на конкретном судне подсистемы, объекты и их модификации:

1) *корпус судна* (обычный, усиленный, видоизмененный, многокомпонентный);

2) *подсистема основного функционирования* – специализированный комплекс (жилой, промышленный, приборно-лабораторный, подъемно-тяговый, энергетический, производственный);

3) *гидродинамическая система* (подъемно-несущая, маневренная, аэродинамической тяги);

4) *человек* в качестве ведущего звена эргатической системы (управляющего, регулирующего, энергосилового, стабилизирующего либо сочетающего выполнение таких функций).

Первое место признается за корпусом в связи с тем, что его роль многообразнее любой другой подсистемы. Во-первых, корпус является системообразующей структурной основой, к которой функционально и конструктивно присоединяются все другие подсистемы. Во-вторых, корпус является вместилищем грузов при наиболее типичном транспортном назначении судов (при этом главными переборками производится подразделение на основные отсеки). В-третьих, конструкции корпуса обеспечивают прочность, воспринимая внешние давления, силы и моменты. В-четвертых, форма поверхности корпуса влияет на ходовые и мореходные качества. Для большинства судов несомненно также важная (иногда и доминирующая) роль энергетической подсистемы, которая в перечне учитывается второй позицией.

Более конкретно варианты проявления функционального доминирования рассмотрены в табл.1.

С учетом как рассмотренных типизационных признаков функционального доминирования, так и особенностей применения можно выделить более 40 групп или подгрупп судов и методов их проектного анализа и оптимизации. Такая дифференциация не всегда совпадает с группировкой по табл.1. Она предусматривает, в частности, следующие позиции:

а) обеспечение грузопотоков (танкеры, сухогрузные суда, газовозы, снабженцы);

б) поддержание пассажиропотоков и коммуникаций (пассажирские суда, круизные суда, паромы; военные корабли);

в) операционное обеспечение (спасатели, экспедиционные и учебные суда, суда для миротворческих операций и для охраны экономических зон, плавбазы, рефрижераторные суда, доки, плавучие гостиницы и причалы);

г) тягово-технологическое обеспечение (буксиры, ледоколы, земснаряды, буровые установки, плавкраны, плавэлектростанции, промысловые суда);

д) достижение высоких скоростей (рекордно-гоночные катера, экспериментальные катера, буксировщики, разбездные катера, патрульные суда);

е) использование для спорта и отдыха (туристские катера, моторные и парусные яхты, виндсерферы, гребные суда).

Рассмотрение данного перечня приводит к пониманию того, что обычный корпус как субъект функционального доминирования соответствует лишь задачам обеспечения грузопотоков. В остальных же случаях корпус, функционально доминируя, кардинально видоизменяется либо уступает свою первенствующую роль другим подсистемам судна.

Анализ особенностей и субъектов функционального доминирования необходим в качестве средства ранжирования алгоритмических подсистем при построении рациональных схем оптимизационных ГАМ. Свойство гибкости обеспечивается главным образом за счет модульного подразделения алгоритмических подсистем, а также за счет выбора рациональных форм общих и локальных целевых функций (критериев оптимизации) [4, 5]. Это позволяет универсальные программные модули и подмодули переносить из данной ГАМ в другую, а в ряде случаев многократно использовать и специализированные модули, соответствующие однородным субъектам функционального доминирования.

Например, для высокоскоростного судна-спасателя при доминировании несущей системы и при приоритете обеспечения и анализа подсистем «Ходкость» (4) и «Мореходность» (28) с этими алгоритмическими подсистемами будут тесно связаны алгоритмические подсистемы «Остойчивость поперечная» (10), «Вертикальная динамичность» (33), «Непотопляемость» (11), «Прочность» (12), «Управляемость и маневренность» (15), «Устойчивость движения в продольной вертикальной плоскости» (34). Здесь и далее каждой алгоритмической подсистеме присвоен постоянный порядковый номер, сложившийся относительно стихийно (по анализу практики проектирования судов 10–15 наиболее распространенных типов).

Значительная часть модулей упомянутых алгоритмических подсистем

может быть в несущественно измененном виде использована в ГАМ разбездных или пассажирских катеров. При этом близость ранжирующих условий предопределяет во всех этих ГАМ тяготение перечисленных алгоритмических подсистем к началу структурных блок-схем, сразу вслед за алгоритмическими подсистемами «Функциональная обоснованность» (1) и «Практическая реализуемость» (2) (лидирующими в ГАМ любых судов). Можно сказать, что совокупность подсистем, перечисленных в предыдущем абзаце, составляет (за исключением подсистемы «Непотопляемость») алгоритмическую суперподсистему «Обеспечение динамического режима движения». Аналогичный пример комплексирования можно привести, вспомнив о суперподсистеме «Навигационная безопасность», которая включает в себя целиком алгоритмические подсистемы «Надежность» (14), «Остойчивость поперечная», «Непотопляемость», «Прочность», «Безопасность труда экипажа» (35), а также существенно важные модули из подсистем «Удифференцированность, продольная остойчивость и балластировка» (9), «Мореходность» (28), «Управляемость и маневренность», «Функциональная обоснованность», «Технологичность» (7) и «Обитаемость» (18) [6].

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в рассмотрении данной аналогии суперподсистем часть алгоритмических подсистем являются общими («Остойчивость», «Прочность», «Мореходность», «Управляемость и маневренность»). Это само по себе иллюстрирует схему формирования ГАМ из подмоделей. Существенно то, что в разных ГАМ, их подмоделах, суперподсистемах реальные порядковые места одних и тех же алгоритмических подсистем и их модулей будут разными, хотя и близкими. Для контроля всей системы целесообразно каждую алгоритмическую подсистему числить под постоянным номером, допуская требуемый «беспорядок» в конкретных ГАМ и (или) суперподсистемах.

При формировании и ранжировании алгоритмических подсистем могут быть учтены рекомендации А.В. Бронникова, давшего типизацию некоторых проектировочных моделей и алгоритмических подсистем применительно к судам-газовозам [2].

Принцип переменного ранжирования алгоритмических подсистем во взаимосвязи с назначением и конструктивно – гидродинамическими характеристиками судна можно рассмотреть в сопоставлении с моделью проектного анализа полуглиссирующего пассажирского катера. В этом случае ранее упоминавшиеся подсистемы сохраняют свои номера, а дополнительные

Группировка судов по вариантам. Проявления доминантности подсистем

№	Доминирующая подсистема	Соотношение роли доминанты с ролью корпуса	Акцентирующие подсистемы	Суда и корабли – представители
1	Корпус	Совпадает	Грузовые помещения и устройства	Паромы Грузовые суда
2	Сильно измененный корпус или корпуса	Расширяются функции корпуса	Энергетика или подсистемы основного назначения	Ледоколы Глиссеры Катамараны Скеговые суда на воздушной подушке Суда с малой площадью ватерлинии Буровые установка
3	Подсистема основного назначения	Превышает, но незначительно	Энергетика или подсистемы живучести и автономности	Пассажирские суда Буксиры Надводные корабли Спасатели Промысловые суда Научные суда
4	Несущая подсистема	Превышает	Подсистема управления и энергетика	Суда на подводных крыльях Амфибийные суда на воздушной подушке
5	Подсистема изменения положения по вертикали	Сопоставимы	Подсистема управления и стабилизации	Экранопланы Подводные суда и аппараты Доки
6	Подсистема аэродинамической тяги	Сопоставимы	Подсистемы живучести и автономности	Парусные суда Килевые яхты Суда с новыми видами ветроустройств
7	Человек	Превышает	Подсистема безопасности	Гребные суда Швертботы Виндсерферы Рекордные катера

но будут учтены следующие алгоритмические подсистемы:

3. «Пассажировместимость»; 5. «Рациональная структура нагрузки»; 6. «Плаваемость»; 8. «Экономичность»; 13. «Обеспечение плавности качки»; 16. «Пожаробезопасность»; 17. «Оборудованность»; 19. «Экологичность»; 20. «Эстетичность архитектурных форм»; 21. «Компоновочная рациональность»; 22. «Комфортабельность»; 23. «Незаливаемость и всхожесть на волну»; 24. «Рациональность форм обводов»; 25. «Энергосберегаемость»; 26. «Минимальная ресурсоемкость по ценным металлам»; 27. «Вибростойкость»; 29. «Конструктивная реализуемость»; 30. «Построечная реализуемость»; 31. «Минимальная энергонасыщенность»; 32. «Рациональное соотношение спасательных возможностей с населенностью».

При этом наиболее существенные проектные вопросы будут с достаточ-

ной полнотой выяснены в пределах позиций с 1 по 13, а позиции с 14 до 35 будут затрагиваться в умеренной степени. Можно рассматривать алгоритмические подсистемы как совокупность достаточно универсализированных базисных модулей, а также модулей, учитывающих специфику пассажирского полуглиссера. Значит, в других ГАМ можно применить значительную часть из упомянутого, но в иных композициях и с добавлением нового, учитывающего особенности нового объекта оптимизации.

Применительно к ГАМ танкера, например, вполне работоспособная последовательность алгоритмических подсистем ограничится четырнадцатью позициями 1, 2, 5, 6, 8, 9, 3, 7, 12, 16, 17, 19, 4, 15. Следует обратить внимание на смещение к середине и к концу ГАМ позиций 3, 4, 7 («Вместимость», «Ходкость», «Технологичность»), которые для танкера необходимы, но уступают

по приоритету позициям 5, 6, 8 («Нагрузка», «Плаваемость», «Экономичность»), переместившись на более близкие к началу перечня места.

Для экспедиционно-исследовательского судна последовательность подсистем в ГАМ может быть следующей: 1, 2, 6, 17, 5, 9, 12, 13, 3, 18, 4, 20, 15, 10, 11, 8 (всего 16 подсистем).

В модели проектного анализа пассажирского судна на подводных крыльях логичным вариантом ГАМ будет такой перечень подсистем: 1, 2, 33, 4, 5, 8, 28, 3, 21, 12, 9, 10, 13, 34, 15, 7, 6, 11, 14, 16, 27, 17, 22, 18, 24, 29, 30, 31, 26, 19, 23, 25. Здесь последние 10 позиций имеют контрольный характер, и не влияют существенно на величины выбранных ранее основных проектных характеристик. Заметное изменение порядкового места таких подсистем, как 33 («Вертикальная динамичность»), 28 («Комплексная мореходность»), 34 («Продольная устойчивость») связано

с принципиальными особенностями динамики судна, взятого для примера.

В табл.2 рассмотрена избыточная структура предназначенных для ГАМ алгоритмических подсистем с подразделением на 5 групп по характеру рассматриваемых свойств. Избыточность означает, что в одной из ГАМ применение всех 42 алгоритмических подсистем маловероятно (обычно хватает одной трети и даже четверти). Группы с одинаковым видом генеральных свойств индексированы заглавными буквами кириллицы по очередности проектного анализа и отмечены единым положением по вертикали (с одинаковым отступом от левого края таблицы в порядке А, Д, В, Б, Г).

Табл.2 показывает, что в первом приближении алгоритмические подсистемы разделены на пять групп:

- а) по свойствам, связанным с назначением;
- б) по динамическим мореходным качествам;

в) по статическим мореходным качествам;

г) по особым свойствам (проще говоря, по тем, которые не подпадают под другие формулировки);

д) по конструктивно-прочностным свойствам.

Эта разбивка носит необязательный характер. Для малых ГАМ она часто не нужна, а для развернутых ГАМ число выделяемых групп может возрасти. Эти вопросы будут уточняться по мере применения рассмотренного способа проектного анализа.

Изложенный подход формирования проектно-исследовательских алгоритмов и программных комплексов особенно подходит для исследований по вновь возникающим группам судов (например, для судов экологического контроля или судов охраны экономических зон) либо по обособливающим подгруппам внутри известных групп судов (например, по сверхкрупным контейнеровозам или лайнерам).

В таких ситуациях отсутствие достаточной статистической или прототипной базы приводит к необходимости систематизации опыта по судам смежных типов. В такой схеме концепция формирования ГАМ из алгоритмических подсистем наиболее эффективна.

Возможность ускоренного формирования новых ГАМ на основе старых не просто высвобождает время и сокращает сроки исследований, но и четко ориентирует проектантов на быстро выявляемые недоработанные вопросы и на необходимость проведения по ним дополнительных экспериментов или формирования нормативов. Например, тенденция создания сверхкрупных лайнеров резко обостряет вопрос о риске при авариях и вообще о возможности организации спасательных работ при сверхвысокой концентрации людей, тем более, что к аварийным рискам прибавились риски, связанные с террористами и морскими пиратами. Уже появились проекты базирования на сверхлайнерах патрульных и спасательных вертолетов, следовательно, на наших глазах рождается новый тип лайнера-вертолетоносца. Вообще же, по мнению автора, государственные и классификационные органы должны ограничить допустимую «населенность» объектов морской техники, не превышая лимит 1000–1100 человек (вместе с экипажем и обслуживающим персоналом).

Способ оптимизационного проектирования на основе ГАМ хорошо приспособлен к современной практике применения персональных компьютеров. По мере формирования ГАМ (и в целом проектных методик) для ряда судов последующие задачи будут требовать все меньших новых разработок, однако ранжирование алгоритмических подсистем необходимо периодически корректировать. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Бронников А.В. Классификация и сопоставительный анализ алгоритмов определения основных элементов проектируемых судов / Тр. ЛКИ: Обоснование характеристик проектируемых судов. – Л., 1984, с. 3 – 8.
3. Пашин В.М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
4. Царев Б.А. Классификация дискретных факторов при оптимизационном проектировании судов / Тр. НКИ: Проектирование и конструкции судов. – Николаев, 1983, с. 8 – 16.
5. Он же. Оптимизационное проектирование скоростных судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1988.
6. Он же. Проектный анализ проблемы навигационной безопасности / Тр. ЛКИ: Проектирование морских судов. – Л., 1988, с. 36 – 41. ■

Алгоритмические подсистемы с группировкой по генеральным свойствам

А.Свойства, связанные с назначением

- А.1.Функциональная обоснованность
- А.2.Практическая реализуемость
- А.3.Вместимость и пассажировместимость

Б.Динамическая мореходность

- Б.4.Ходкость
- А.5.Рациональность структуры нагрузки
- В.Статическая мореходность
- В.6.Плавуучесть и надводный борт
- Г.Особые свойства
- Г.7.Технологичность
- Г.8.Экономичность
- В.9.Удифференцированность, балластировка
- В.10.Остойчивость поперечная
- В.11.Непотопляемость

Д.Конструктивно-прочностные свойства

- Д.12.Прочность
- Б.13.Плавность качки и незаливаемость на волнении
- Д.14.Надежность
- Б.15.Управляемость и маневренность
- Д.16.Безопасность при авариях, в том числе при пожарах

А.17.Оборудованность (в первую очередь, приборами)

- А.18.Обитаемость по физиологическим параметрам
- Г.19.Экологичность
- Г.20.Архитектурная выразительность

А.21.Компоновочная рациональность

- А.22.Комфортабельность
- В.23.Незаливаемость и всхожесть на волну
- В.24.Рациональность формы корпуса
- Г.25.Энергосберегаемость
- Г.26.Минимальная ресурсоемкость

Д.27.Минимальность вибрации и шума

- Б.28.Мореходность комплексная
- Д.29.Конструктивная реализуемость

А.30.Построечная реализуемость

- А.31.Минимальная энергонасыщенность
- А.32.Рациональное соотношение спасательных возможностей
- Б.33.Вертикальная динамичность
- Б.34.Устойчивость движения на больших скоростях

А.35.Безопасность труда экипажа

- В.36.Возможность противодействия дрейфу
- Д.37.Ледопроездимость
- Г.38.Вездеходность
- Д.39.Ремонтопригодность

А.40.Вооруженность

- Г.41.Скрытность от средств обнаружения
- Г.42.Защищенность от поражающих факторов
- Г.43.Десантоспособность

Таблица 2

В настоящее время в связи с необходимостью обеспечения круглогодичного вывоза углеводородного сырья из Арктического бассейна к возможным потребителям перед судостроительной отраслью поставлена задача создания транспортных судов активного ледового плавания нового поколения, которые должны работать в арктических условиях как в сопровождении ледокола, так и без него. Ожидается, что освоение уникальных месторождений нефти и газа на арктическом шельфе России, запасы которых составляют около 100 млрд. т в нефтяном эквиваленте, потребует к 2010 г. строительства 12 – 13 морских платформ для добычи углеводородного сырья, 14 ледоколов различного назначения, 34 гидрографических, аварийно-спасательных и природоохранных судна, более 50 транспортных судов активного ледового плавания общим дедевитом около 1 млн. 300 тыс. т.

Создание таких транспортных судов, обеспечивающих круглогодичную навигацию в условиях Арктики, связано с решением целого комплекса сложных научно-технических проблем. Среди них важное место занимает проблема повышенной вибрации при плавании судна во льдах.

В 70 – 80-е г. XX в. специалистами ЦНИИ им.акад. А.Н.Крылова [1, 2], ЦНИИ МФ [3, 4, 5, 16], Арктического и антарктического научно-исследовательского института [6, 7, 8] велись активные работы по натурным исследованиям ходовой вибрации при движении судна во льдах. Благодаря их усилиям был создан банк экспериментальных данных, который хотя и не может считаться достаточным, но позволяет сделать ряд принципиальных выводов о динамическом поведении судов в ледовых условиях.

Вибрационные процессы, имеющие место при движении судна во льдах, строго говоря, нестационарны. Однако, согласно проведенным наблюдениям, в процессе эксплуатации есть довольно продолжительные периоды, в течение которых ледовые условия, с точки зрения гидрологической классификации, остаются практически постоянными или медленно меняющимися, и тогда взаимодействие корпуса со льдом можно считать стационарным случайным процессом.

Усиление вибрации во льдах в зависимости от параметров льда (толщина, сплоченность, торосистость, наличие снежного покрова и т.п.), скорости хода судна и от октавы нормируемого диапазона может достигать 20–22 дБ, т.е. в 20 раз и более по сравнению с уровнями вибрации при движении судна по чистой воде.

Наряду с ростом интенсивности вибрации корпуса судна во льдах сильно меняется и спектральный состав проис-

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВИБРАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ АКТИВНОГО ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

*А.П.Матлах, проф. СПбГМТУ,
генеральный директор НПО «Полярная Звезда»*

ходящих вибрационных процессов. Если при движении судна по чистой воде вибрация корпуса достаточно полно характеризуется колебаниями с частотами лопастного и двойного лопастного порядков, индуцируемыми гребными винтами, а также с частотами 5 – 9-го порядков, индуцируемыми низкооборотным дизелем, то во льдах заметными становятся составляющие с частотами высших лопастных порядков (рис.1).

Кроме того, при движении судна во льдах проявляется так называемая ледовая вибрация, являющаяся следствием импульсного взаимодействия корпуса судна со льдом и проявляющаяся, главным образом, с основными собственными частотами корпуса судна.

Ледовая и импульсная нагрузки возбуждают общую вибрацию корпуса судна в вертикальной, горизонтально-продольной и горизонтально-поперечной плоскостях. В виду больших углов наклона шпангоутов в носовой оконечности судов активного ледового плавания наибольшая величина импульса приложена в вертикальной плоскости и, как следствие этого, преобладает вертикальная компонента вибрации.

Высоты импульсов, их распределение во времени и по длине носовой оконечности зависят от случайных внешних факторов, обусловленных скоростью судна v , толщиной $h_{\text{л}}$ и сплоченностью s льда, высотой снежного покрова $h_{\text{сн}}$. Количество импульсов за единицу времени (плотность импульса λ также определяется сплоченностью льда и скоростью движения судна (рис. 2). Частота следования импульсов зависит от скорости судна. При приближении частоты следования импульсов к собственным частотам колебаний корпуса отмечается существенное возрастание амплитуд колебаний, напоминающих по характеру пики резонансной кривой.

Таким образом, аппроксимируя имеющиеся экспериментальные данные по вибрации судов различных типов, на транспортных судах активного ледового плавания можно ожидать:

- в частотных октавах со среднегеометрическими значениями частот 2 и 4 Гц, в которых уровни вибрации определяются дискретами с частотами низших собственных тонов корпуса и первого порядка от работы гребных винтов, возрастание уровней вибрации во льдах может составить 10 – 15 дБ по сравнению с чистой водой. Причиной такого усиления вибрации является воздействие на носовую часть корпуса аperiodических импульсов, обусловленных ударным взаимодействием корпуса со льдом;
- в октаве 8 Гц, в которой вибрация определяется лопастной гармоникой, уровни виб-

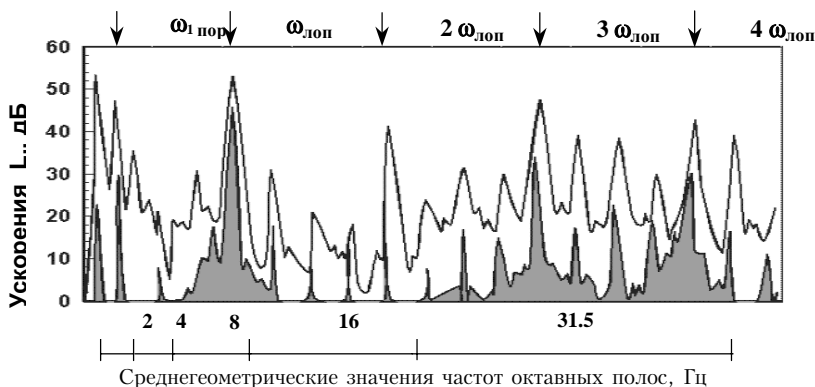


Рис.1. Сравнение уровней ходовой вибрации корпуса ледокола на чистой воде и во льдах (ω — частота первого порядка, $\omega_{\text{лоп}}$ — лопастная частота)

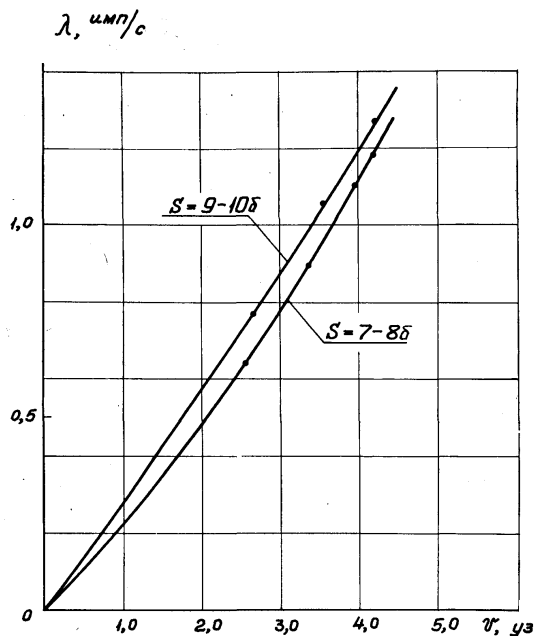


Рис.2. Зависимость числа импульсов λ , получаемых носовой оконечностью д/э «Обь» при движении в мелкобитых льдах.

рации во льдах могут возрастать на 3 – 6 дБ при условии отсутствия в этом частотном диапазоне резонансов корпуса и надстройки судна;

– в более высокочастотных октавах 16 и 31,5 Гц, в которых преобладающими дискретами являются дискреты второго и третьего лопастного порядка, усиление может составить 3 – 4 дБ при отсутствии резонансов основных тонов вертикальных колебаний обитаемых палуб надстроек.

В табл. 1 представлены фактические величины максимального в каждой октаве возрастания ходовой вибрации корпуса и надстройки в зависимости от ледовых условий плавания, замеренные на а/л «Сибирь» [4].

Из данных табл. 1 видно, как различные ледовые условия могут влиять на характер и интенсивность ходовой вибрации судов ледового плавания. Так, например, в тонких

белых, но торосистых льдах, толщиной 60 – 70 см, интенсивность вибрации корпуса и надстройки в октаве 2 Гц заметно – в 2–3 раза выше, чем в более толстом (90–130 см) сплошном ровном поле, и примерно одного порядка в некоторых других октавах (например, 16 и 32 Гц). Представляет интерес также то, что даже при такой незначительной для мощного атомного ледокола толщине льда – 10–15 см происходит довольно заметное усиление вибрации.

Лед оказывает существенное влияние на динамические характеристики корпуса судна.

Анализ натуральных экспериментальных исследований вибрации, проведенных во льдах на ледоколах, показал следующее:

– значения низших собственных частот их корпусов под влиянием окружающих ледовых полей даже сравнительно небольшой толщины могут уменьшаться в пределах от 1–5% на судах большого водоизмещения и до 7–13% на судах меньшего. Снижение собственных частот происходит в пределах первых четырех тонов вертикальных колебаний корпуса из-за влияния, которое оказывает лед на величину присоединенных масс воды;

– формы свободных колебаний корпуса судна, находящегося в окружении ледового поля, также несколько изменяются вследствие того, что плоскость ледового поля на поверхности воды ограничивает возможность свободного перетекания забортной воды, приведенной в движение колебаниями корпуса и определяющей величину присоединенных масс. В частности, например, наличие сплошного ледового поля препятствует образованию поверхностных волн. Однако в практической работе это так же, как и изменение значений собственных частот корпуса, считается мало существенным и не учитывается.

Поэтому можно отметить, что ледовые поля, окружающие судно, в принципе, оказывают достаточно заметное влияние на частоты собственных колебаний его корпуса, однако при практических расчетах вибрации этим влиянием пока пренебрегают как уточнением, находящимся в пределах погрешности практических расчетов.

Гораздо более значительное, а на низших собственных частотах даже весьма значительное, влияние ледовые поля оказывают на демпфирование. Данные публикации [9], по-

Таблица 1

Коэффициенты усиления вибрации корпуса в различных льдах

Точка измерений	Ледовые условия	Частоты, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
164 шп. корма, главная палуба	Серые льды 10-15см	2 - 5	2	2	-	-	-
	Тонкие 60-70 см торосистые льды	10 - 30	4 - 6	1,5 - 3	2	2	-
	Лед средней толщины 90-130 см	6 - 10	6 - 10	7 - 10	3 - 5	2 - 3	-
44 шп.	Серые льды 10-15 см	2 - 5	2 - 6	1,5 - 2	2 - 5	1,5	1,5
Надстройка	Тонкие 60-70 см торосистые льды	6 - 30	6 - 16	2 - 3	2 - 3	2	1,5
3-й ярус	Лед средней толщины 90-130 см	3 - 16	3 - 13	3 - 14	2 - 4	2 - 3	-

лученные в результате прямого эксперимента при возбуждении виброгенератором колебаний корпуса ледокола «SISU» на чистой воде и во льдах различной толщины, показывают, что наличие ледового поля вокруг судна значительно увеличивает, особенно на низших собственных частотах корпуса, рассеяние энергии колебаний и соответственно снижает коэффициенты динамичности при резонансах (рис. 3).

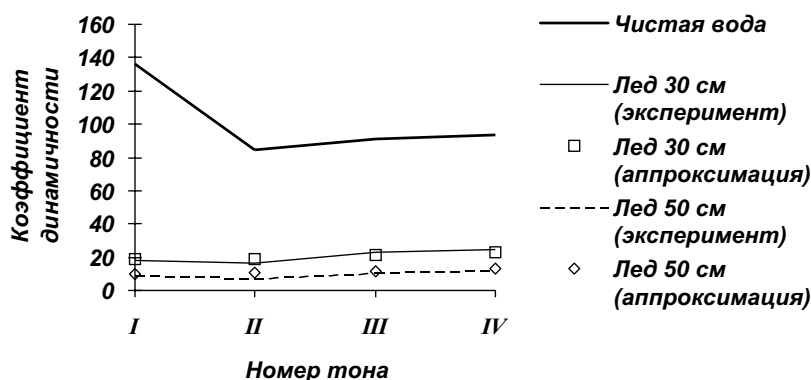


Рис. 3. Значения коэффициентов динамичности корпуса ледокола «SISU» на частотах первых четырех тонов вертикальных собственных колебаний на чистой воде и во льдах толщиной 30 и 50 см.

В процессе исследований влияния льда на характеристики демпфирования колебаний корпуса, были выявлены следующие закономерности:

- наибольшее демпфирующее влияние льда проявляется на первом тоне поперечных колебаний корпуса и выражается в уменьшении коэффициента динамичности в 4–6 и даже до 10 раз и более в зависимости от толщины, сплоченности и других характерных параметров ледового поля;

- с увеличением номера тона колебаний влияние присутствия льда вблизи корпуса на высоту его резонансных пиков, а следовательно, и на численные значения коэффициентов динамичности, довольно быстро уменьшается и уже на шестом-седьмом тоне практически прекращается.

Таким образом, очевидно, что влияние ледовых условий плавания практически сводится к весьма существенно уменьшению коэффициентов динамичности на частотах нескольких первых тонов его поперечных колебаний и может не учитываться при решении вопросов, связанных с определением других динамических характеристик – собственных частот и форм колебаний.

Вместе с тем следует констатировать, что имеющиеся экспериментальные данные не позволяют получить полную картину динамического поведения во льдах транспортных судов. В частности, отсутствуют данные о ходовой вибрации большегрузных судов, оснащенных Азиподами, нет сведений о влиянии ледовых условий на усилия генерируемые малооборотными дизелями, нет достаточных данных о самостоятельном движении транспортных судов в ледовых полях.

Банк экспериментальных данных по ходовой вибрации судов в ледовых условиях необходимо пополнять. С этой точки зрения, нельзя не приветствовать высокоширотную арктическую экспедицию «Арктика–2005» на судне «Академик Федоров», организованную в рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан», в ходе которой специалистами ААНИИ по просьбе НПО «Полярная звезда» будут проведены натурные измерения параметров прочности и вибрации при движении судна во льдах.

Повышенная вибрация, как известно, расстраивает работу приборов и механизмов, затрудняет использование судна по его функциональному назначению, вызывает разрушения корпусных конструкций, ухудшает условия оби-

таемости [18, 19]. При движении судна во льдах все перечисленные негативные факторы реализуются в полной мере. Особенно неблагоприятно дела обстоят с вибрацией в обитаемых помещениях судна, где требования санитарных норм вибрации СН.2.5.2.048–96 могут превышать на 10–20 дБ и более. Повышенные уровни вибрации, воздействующие на организм человека, вызывают переутомление, рассеивание внимания и, как следствие, навигационные ошибки. Согласно статистике, до 25 % ледовых повреждений, фиксируемых на судах, являются следствием ошибок экипажа. Заметим, что для транспортного судна, перевозящего углеводородное сырье, повреждение корпуса может быть чревато экологической катастрофой. В долгосрочном плане повышенные уровни вибрации вызывают хронические заболевания и раннее списание квалифицированных специалистов на берег.

Как уже отмечалось, при движении судна во льдах значительно возрастают неуравновешенные вибрационные усилия, генерируемые гребными винтами, меняется их частотный спектр. Наряду с традиционными усилиями первого лопастного и двойного лопастного порядков активно проявляются усилия тройной лопастной и даже четвертой лопастной частоты. Кроме того, возникает и стабильно поддерживается так называемая ледовая вибрация, происходящая с основными частотами вертикальных, траверзных и продольных колебаний корпуса судна и являющаяся следствием импульсного взаимодействия корпусных конструкций со льдом. Также активно, как и на чистой воде, проявляются вибрации, генерируемые главными и вспомогательными двигателями. В результате все частотные октавы, регламентированные требованиями санитарных норм вибрации, оказываются заполненными. В связи с уплотнением спектра возмущающих усилий значительно возрастает вероятность возникновения резонансных колебаний корпуса судна, его надстройки и обитаемых палуб надстройки.

В случае реализации такой вероятности вибрационные условия обитаемости при движении судна во льдах становятся невыносимыми со всеми вытекающими последствиями, значительно возрастает вероятность вибрационных повреждений корпусных конструкций.

Поэтому на стадии технического проектирования судна активного ледового плавания особое внимание должно быть уделено вопросам исключения резонансных колебаний основных тонов корпуса судна, надстройки и обитаемых палуб надстройки.

Современные структурные методы с использованием пространственных расчетных схематизаций позволяют достаточно точно спрогнозировать параметры собственных колебаний корпуса, надстройки и палуб надстройки. Однако этой необходимой процедуре не всегда на стадии проектирования уделяется должное внимание. Так, на танкере ледового плавания пр. 20070 повышенная вибрация корпуса судна оказалась обусловленной неуравновешенным моментом дизеля 2-го порядка (4.1 Гц) на режиме хода 123 об/мин, который оказался близким к частоте 7-го тона собственных колебаний корпуса при полной загрузке судна (осадка 9.0–9.2 м).

Наиболее радикальным средством борьбы с повышенной вибрацией в данном случае является установка на дизель компенсатора неуравновешенного момента. Завод-строитель ФГУП «Адмиралтейские верфи» при решении возникшей проблемы пошел по другому пути – перерегулировки главного дизеля на режим полного хода 127 об/мин. Танкера пр. 20071, в отличие от аналогичных судов пр. 20070, имеют в танковой части продольную переборку. Это обстоятельство привело к увеличению собственных частот корпуса.

Для их определения на танкере «Саратов» были проведены измерения ходовой вибрации корпуса при плавном подъеме оборотов [10]. Подъем частоты вращения гребного винта осуществлялся в диапазоне 60–120 об/мин. При этом диапазон частот 2-го порядка составлял 2.0–4.23 Гц. Значения низших собственных частот вертикальных колебаний корпуса танкера сведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения низших собственных частот вертикальных колебаний корпуса

Тон	Осадка, м		
	6.03 м	9.16 м	9.8 м
1	1.32 Гц	1.18 Гц	1.15 Гц
2	2.82 Гц	2.43 Гц	2.37 Гц
3	4.16 Гц	3.43 Гц	3.05 Гц
4		4.25 Гц	3.6 Гц

Анализ результатов измерений позволяет заключить, что установка продольной переборки в танковой части корпуса танкера пр. 20071 привела к улучшению вибрационной обстановки на танкере при плавании в грузу. Однако при плавании в балласте вызывает опасение близость частоты второго порядка к частоте 3-го тона корпуса.

В исследовательских целях было выполнено расчетное прогнозирование параметров собственных колебаний корпуса одного из проектных вариантов ледового танкера дедвейтом 70 000 т.

Основные проектные характеристики судна

Тип судна	Танкер
Класс судна	RMRS KM+LU6 (1) A1 Oil Tanker (ESP)
Длина между перпендикулярами, м	229.3
Ширина, м	34
Высота борта, м	20.8
Осадка, м	13.6
Скорость, уз	16
Главные двигатели	Дизель-генераторы 4×6L46C “Wartsila”, 4×3600 кВт
Число винтов	2
Число лопастей	4
Диаметр, м	5.6
Частота вращения, об/мин	115
Упор, кН	2 × 600

Расчетная модель корпуса показана на рис. 4.

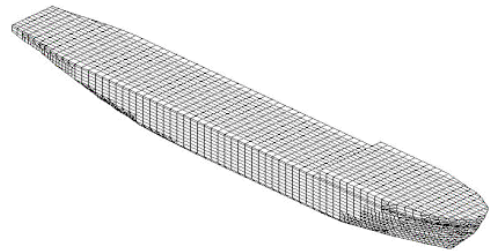


Рис. 4. Расчетная модель корпуса танкера дедвейтом 70 000 т

Значения собственных частот корпуса в диапазоне ходовой вибрации до лопастной частоты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения частот свободных колебаний корпуса, Гц

Тон	Балластное водоизмещение 21 700 т	
	Вертикальные колебания	Траверзные колебания
1	0.95	2.12
2	1.73	3.9
3	2.93	6.5
4	4.55	10.5
5	6.65	
6	7.45	

Формы свободных колебаний корпуса первых трех тонов приведены на рис. 5 – 7.

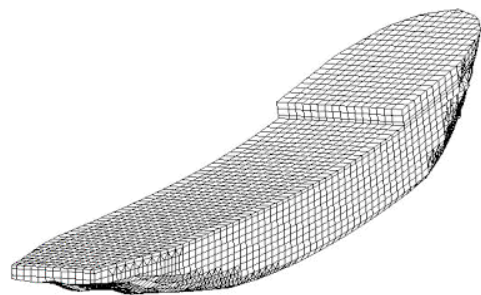


Рис. 5. Форма 1-го тона свободных вертикальных колебаний корпуса танкера

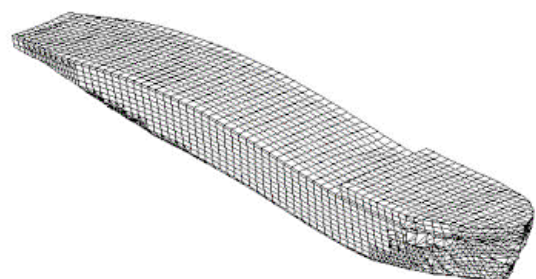


Рис. 6. Форма 2-го тона свободных вертикальных колебаний корпуса танкера

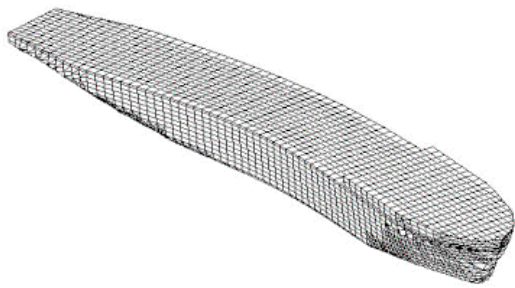


Рис. 7. Форма 1-го тона свободных поперечных колебаний корпуса танкера

Из результатов расчетных исследований можно сделать следующие выводы.

При движении судна на полном ходу в балласте возникновение резонансов возможно (см. рис. 8):

- с частотой 1-го порядка:
 - 1-го тона горизонтальных колебаний;
 - 2-го тона вертикальных колебаний;
- с частотой лопастного порядка:
 - 6-го тона вертикальных колебаний.

Как видно, расчетное моделирование свободных колебаний корпуса судна дает вполне достаточную информацию для своевременного проектного исключения резонансных колебаний корпуса. Надо только этой информацией правильно и своевременно распорядиться.

Надстройка современного транспортного судна представляет собой весьма сложное сооружение, динамически взаимодействующее с корпусом судна. Тем не менее современные структурные методы обеспечивают точность расчетного прогнозирования собственных частот надстройки корпуса 8 – 10 % [10]. Несмотря на достаточно высокую точность расчетного прогнозирования, в технологический цикл постройки судов на ФГУП «Адмиралтейские верфи» внедрены натурные частотные испытания конструкций надстроек и обитаемых палуб надстройки. Методика частотных испытаний разработана и внедрена под научным руко-

водством д-ра техн. наук, проф. В.Л.Александрова [11]. Наличие такой методики позволило специалистам «Адмиралтейских верфей» решить проблему санитарных норм вибрации для танкеров различных проектов, создаваемых на заводе в последнее десятилетие. Проведение частотных испытаний надстроек и палуб надстроек является совершенно обязательным для судов ледового плавания.

Соотношение между собственными частотами надстройки и лопастной частотой является одним из главных факторов, определяющих уровни ходовой вибрации палуб помещений в октаве 8 Гц.

Собственные частоты надстроек танкеров про. 20070 и 20072 определялись при проведении специальных частотных испытаний на заказах 02730 и 02733 в период швартовых испытаний у стенки завода.

Возбуждение колебаний надстройки производилось дебалансным вибровозбудителем, установленным на палубе ходового мостика. Регистрация колебаний производилась с помощью вибропреобразователей, установленных по левому и правому бортам на всех ярусах надстройки. В результате испытаний установлено, что собственные частоты надстроек обоих проектов практически равны и составляют:

- 10.8 Гц – 1-й тон продольных колебаний;
- 16.2 Гц – 1-й тон крутильных колебаний.

Расчетные значения основных частот надстройки, определенные на стадии технического проектирования, составили соответственно 11.5 и 15.2 Гц. Расчетные формы показаны на рис. 9.

Таким образом, собственные частоты далеки от лопастной частоты (8.4–8.8. Гц), и резонансные колебания надстроек исключены. Результатом этого обстоятельства явилось отсутствие серьезных проблем с вибрацией в помещениях в октаве 8 Гц.

Палубы обитаемых помещений надстроек судов ледового плавания хорошо моделируются плоскими балочными перекрытиями, что позволяет обеспечить точность расчетного прогнозирования собственных частот вертикальных

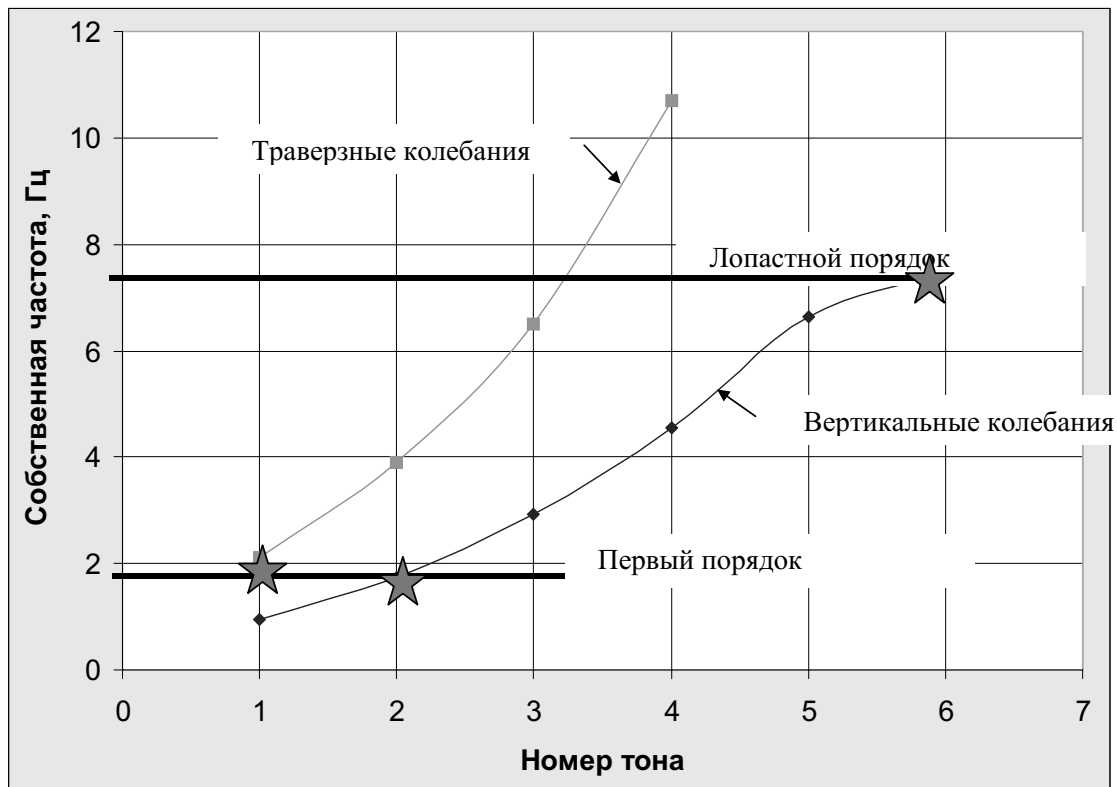
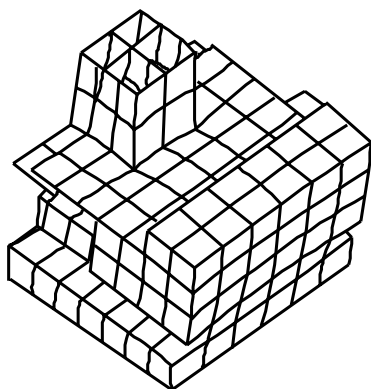
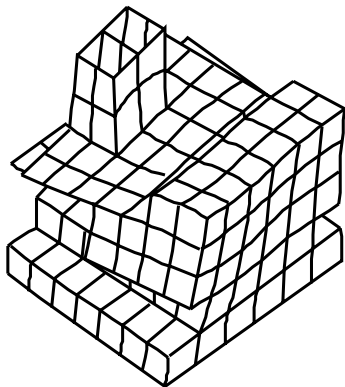


Рис. 8. Сопоставление собственных частот корпуса с частотами первого порядка и лопастного порядка



Основной тон продольных колебаний



Основной тон крутильных колебаний

Рис.9. Расчетные формы основных тонов колебаний надстройки ледового танкера пр. 20 070

колебаний палуб корпуса 3 – 5 % [12]. Вместе с тем следует иметь в виду, что типовые конструкции палуб надстроек, применяемые в настоящее время, не являются достаточно жесткими. В результате даже во внерезонансных зонах уровни вибрации центра поля палубного перекрытия могут превышать уровни ходовой вибрации опорного контура перекрытия на 5–6 дБ [13].

Таким образом, можно утверждать, что сегодня существуют все необходимые предпосылки, чтобы на судах активного ледового плавания на стадии проектирования исключить резонансные колебания корпуса судна, надстройки и палуб надстройки с частотами, генерируемыми гребными винтами и главным двигателем. Специально подчеркнем, что это не теоретическая возможность, а практически реализованный подход [14].

Сложнее обстоит дело с ледовой вибрацией. Как уже отмечалось, ледовая вибрация – неизбежный атрибут судна, движущегося во льдах. Причем наиболее негативным проявлением ледовой вибрации является импульсный резонанс, когда частота импульсов, воздействующих на корпус судна со стороны ледового поля, оказывается близкой к одной из основных собственных частот корпуса судна. Последствием такого импульсного резонанса оказывается существенное превышение санитарных норм вибрации в частотной октаве со среднегеометрическим значением частоты 2 Гц. Разумеется, импульсный резонанс допускать нельзя, однако традиционные методы борьбы с резонансными колебаниями в данном случае не годятся. Дело в том, что частота импульсного воздействия сугубо случайная величина, определяемая скоростью хода, состоянием льда, его толщиной и сплоченностью. Другими словами, в системе «частота корпуса–частота импульсного воздействия» детерминированной оказывается лишь первая частота. В этих условиях построение математической модели взаимодействия корпуса и льда и попытка с ее помощью спрогнозировать частоту импульсов малоэффективна вследствие большого числа случайных факторов, определяющих эту частоту,

хотя надо отметить ряд решений, полученных в этой области [7, 8]. Наиболее рациональным методом борьбы с импульсными резонансами представляется постоянный инструментальный мониторинг ходовой вибрации судна в частотном диапазоне 0.3–6 Гц с выдачей судоводителю рекомендаций по выбору в данных конкретных ледовых условиях скорости движения судна, исключающей частоты воздействия ледовых импульсов с основными собственными частотами корпуса судна.

Следует подчеркнуть, что мониторинг параметров ледовой вибрации – единственный по-настоящему эффективный метод преодоления ее негативных последствий. Причем этот мониторинг может осуществляться как независимо, так и в рамках интегрированной интеллектуальной системы повышения эксплуатационной надежности судна, где одновременно с параметрами вибрации контролируются параметры прочности корпусных конструкций, а также мореходности и непотопляемости судна [15]. Разработку такой интегрированной системы осуществляют в настоящее время специалисты НПО «Полярная Звезда» совместно со специалистами ФГУП «Адмиралтейские верфи» применительно к ледовому танкеру дедвейтом 70 000 т.

Наиболее виброзагруженными районами при движении судна во льдах оказываются его кормовая и носовая оконечности. В корме локализуются усилия, генерируемые гребными винтами, валами и главными двигателями, в носу – усилия ледовой вибрации. В этих условиях традиционная схема расположения обитаемой надстройки должна быть пересмотрена. С точки зрения обеспечения приемлемых условий вибрационной обитаемости наиболее рациональным районом расположения надстройки на судне активного ледового плавания является средняя часть судна.

Проблема повышенной вибрации судов активного ледового плавания представляет собой системную проблему, решение которой возможно лишь на основании комплексного использования средств расчетного моделирования, проектно-технологических средств, средств амортизации и виброизоляции, индивидуальной виброзащиты, средств постоянного мониторинга параметров ходовой вибрации в ледовых условиях, средств и методов натуральных частотных испытаний. Особое место в системе мероприятий по борьбе с повышенной вибрацией должны занимать натурные экспериментальные исследования параметров ходовой вибрации судов различных типов и назначений в ледовых условиях.

Проведенные исследования показали следующее:

1. Ходовая вибрация, возникающая при движении судна в ледовых условиях, оказывает гораздо больше влияния на параметры эксплуатационной надежности судна, безопасности мореплавания, коммерческую эффективность, чем ходовая вибрация, проявляющаяся при движении судна по чистой воде. Причинами этого являются не только существенный рост уровней ходовой вибрации при движении судна во льдах (по сравнению с чистой водой ходовая вибрация может возрастать в 10 – 20 раз), но и принципиальное изменение характера вибрации. При движении судна во льдах все негативные явления повышенной вибрации проявляются в концентрированном виде, расстраивается работа приборов и механизмов. Так, на атомоходе «Арктика» из-за повышенной вибрации была нарушена работа гребного электродвигателя, получили повреждения корпусные конструкции. На многих судах арктического плавания фиксировались разрушения [17, 18], носящие усталостный характер. Общим местом стали многочисленные жалобы экипажей на повышенную утомляемость и расстройство здоровья под воздействием повышенных уровней вибрации и, как следствие, навигационные ошибки. Поэтому в ряду проблем, которые приходится решать при создании транспортных судов активного ледового плавания, проблема повышенной вибрации стоит на особом месте и должна

отслеживаться на всех стадиях жизнедеятельности судна – проектирования, постройки, эксплуатации.

2. Ходовая вибрация при движении судна во льдах имеет два выраженных частотных диапазона. Первый частотный диапазон охватывает октавы 2 и 4 Гц. Второй – октавы 8, 16, 31.5, 63 Гц. В частотной октаве 4 Гц оба диапазона могут накладываться друг на друга. В первом частотном диапазоне ходовая вибрация носит случайный импульсный характер и является следствием динамического взаимодействия корпуса судна со льдом. Частота воздействия импульсов, их продолжительность и структура определяются скоростью хода судна, характеристиками ледового поля, наличием или отсутствием снежного покрова и т.д. В случае, если частота импульсов оказывается близкой к одной из основных частот корпуса судна, развивается явление импульсного резонанса. Такого рода вибрацию принято называть ледовой, реализуется она, как правило, в виде колебаний по основным тонам корпуса судна. Во втором частотном диапазоне вибрация носит детерминированный, условно-стационарный характер и определяется неуравновешенными усилиями, генерируемыми гребными винтами, главным и вспомогательным двигателями.

3. Уровни ходовой вибрации, фиксируемые в жилых и служебных помещениях судов активного ледового плавания, определяются следующими факторами:

- уровнем возмущающих усилий;
- соотношением собственных частот корпуса судна, обитаемой надстройки и жилых палуб надстройки.

Поэтому важнейшим направлением борьбы с повышенной вибрацией судов активного ледового плавания являются снижение уровней возмущающих усилий и исключение резонансных колебаний перечисленных выше конструкций. Исключение резонансных колебаний во втором частотном диапазоне – традиционная для современной технической теории вибрации судов задача. Опираясь на структурные вычислительные методы и натурные частотные испытания, эта задача может быть решена достаточно эффективно.

Сложнее обстоят дела с исключением импульсных резонансов в 1-м частотном диапазоне. Построение математической модели процесса взаимодействия корпуса со льдом в данном случае помогает мало, поскольку такие модели дают только вероятностные оценки на базе комплекса неопределенных параметров. Единственно эффективным средством борьбы с импульсными резонансами является постоянный инструментальный мониторинг параметров ходовой вибрации с выдачей судоводителю рекомендаций по выбору скорости движения судна в данных конкретных ледовых условиях.

В рамках одной статьи трудно рассмотреть все аспекты такой сложной и многофакторной проблемы, как ходовая вибрация судна в ледовых условиях. Автор и не ставил перед собой такой задачи. Его целью было на базе имеющихся разрозненных экспериментальных данных по вибрации судов при их движении во льдах попытаться определить первоочередные задачи борьбы с повышенной вибрацией судов активного ледового плавания и показать, что рассматриваемая проблема является системной и ее эффективное решение возможно лишь на базе комплексного применения теоретических, экспериментальных, алгоритмических, а также конструкторских и технологических средств и методов борьбы с повышенной вибрацией. Обязательным элементом этого комплекса мероприятий должен являться постоянный инструментальный мониторинг параметров ходовой вибрации при движении судна во льдах. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Буданов Д.А., Никольский Ю.А. Особенности ходовой вибрации корпуса судна при плавании во льдах.

Polartech'96 International Conference on Development and Commercial Utilization of Technologies in Polar Regions, September 24-26, 1996, Krilov Shipbuilding Research Institute, St. Petersburg, Russia.

2. Никольский Ю.А. Анализ вибрации транспортных судов при плавании во льдах и перспективы обеспечения на них удовлетворительных условий обитания. Конференция по строительной механике корабля памяти Ю.А.Шиманского. –Тр. НТО им.акад.А.Н.Крылова. СПб., 2001.
3. Зинченко В.И., Кустов С.Б., Костюк К.А. Результаты исследований шума и вибрации на ледоколах типа «Капитан Сорокин». –Тр. ЦНИИМФ, 1979, вып. 248, с.51-68.
4. Исследование низкочастотной вибрации на ледоколах типа «Арктика» в эксплуатационных условиях. –Отчет ЦНИИМФ, Л., 1980.
5. Рекомендации по снижению шума и вибрации на судах ледового плавания по результатам испытаний судов типа СА-15. –Отчет о научно-исследовательской работе ЦНИИМФ, Л., 1984.
6. Кудишкин В.С. Экспериментальное изучение ледовой вибрации д/э «Обь». – Тр. 18-й САЭ.–Л., Гидрометеопиздат, 1978, с. 140-143.
7. Кудишкин В.С. Резонансные колебания корпуса судна при действии импульсных ледовых нагрузок. –Тр. ЛКИ, 1978, с.56-61.
8. Хейсин Д.Е. Упругие колебания корпуса судна при действии случайных импульсных ледовых нагрузок. – Тр. ААНИИ.– Л., Гидрометеопиздат, 1973, т. 309, с.132-136.
9. Matusiak J. Dynamic Loads and Response of Icebreaker SISU During Continious Icebreaking. Research rep. no.37, Finnish Board of Navigation, Helsinki, 1982.
10. Матлах А.П., Поляков В.И. Решение проблемы вибрационных условий обитаемости на судах транспортного флота. –Тр. НТК, посвященной 300-летию ФГУП «Адмиралтейские верфи», 2004, т. 2, вып. 1(2).
11. Александров В.Л., Матлах А.П., Поляков В.И. Борьба с вибрацией на судах в условиях современного судостроительного производства // Судостроение.– 2000.– №3.
12. Поляков В.И. Расчетное прогнозирование вибрации палуб надстроек транспортных судов// Вопросы судостроения: Сер.: Проектирование судов.–1980.–Вып. 25.
13. Матлах А.П., Поляков В.И., Слостенин В.А. Методология расчетного прогнозирования уровней ходовой вертикальной вибрации палуб обитаемых помещений надстроек транспортных судов во внрезонансных зонах. –Тр. НТО им.акад.А.Н.Крылова, 2001, вып.31.
14. Александров В.Л. Борьба с ходовой вибрацией в процессе постройки танкеров. // Судостроение.– 1993.– № 5-6.
15. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Ростовцев Д.М. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях. –СПб, СПбГМТУ, 2001.
16. Анализ соответствия условиям эксплуатации судов нового пополнения. Танкер арктического плавания типа НО-5А «Вентспилс». –Отчет ЦНИИМФ, Л., 1985.
17. Барабанов Н.В. и др. Повреждения и пути совершенствования судовых конструкций. –Л.: Судостроение, 1989.
18. Подволоцкий Н.М. Опыт эксплуатации танкеров ледового плавания. Российский Морской Регистр судоходства, СПб, 2004, с.272. ■

Рецензенты: В.Е. Спиро, д-р. техн.наук, проф.
В.И. Поляков, д-р. техн.наук, проф.

Гидроакустическое подавление (ГПД) как составная часть радиоэлектронной борьбы (РЭБ) является видом радиоэлектронного подавления (РЭП) и представляет собой комплекс мер, направленных на снижение эффективности применения противником гидроакустических средств наблюдения, управления, наведения и самонаведения подводного оружия, использующего гидроакустические каналы.

В тактическом плане ГПД – вид обеспечения боевой устойчивости подводных лодок (ПЛ) и надводных кораблей (НК) путем подавления гидроакустических средств наблюдения, управления, наведения и самонаведения подводного оружия. Осуществляется постановкой преднамеренных гидроакустических помех, препятствующих установлению (способствующих потере) гидроакустического контакта с НК, ПЛ, снижением и маскировкой гидроакустических полей ПЛ и НК, имитацией их гидроакустических полей и маневренных характеристик.

Боевая устойчивость ПЛ обеспечивается повышением уровня скрытности и самообороны, позволяющим исключить (затруднить) ее обнаружение, классификацию и выдачу целеуказания на применение маневренными противолодочными силами (МПЛС) противолодочного оружия, дезинформировать их в текущей тактической обстановке. Для НК ГПД является в основном видом самообороны от самонаводящегося подводного оружия [1].

Средства ГПД можно классифицировать по целому ряду признаков:

- по способу использования акустической энергии:
 - активные – излучающие акустическую энергию;
 - пассивные – отражающие или поглощающие акустическую энергию; по способу воздействия на подавляемые объекты:
 - средства помех;
 - средства искажения гидроакустических полей;

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ

*И.Г. Корж, капитан 1 ранга в отставке,
Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф., НИЦ РЭВ ВМФ*

- имитаторы;
- комбинированные – многоцелевые приборы ГПД, имеющие режимы имитации и помех; по степени связи с применяющим их кораблем:
 - автономные: выстреливаемые, сбрасываемые, самовыходящие;
 - неавтономные: бортовые, буксируемые;
- по степени мобильности автономные средства ГПД могут быть самоходными и дрейфующими.

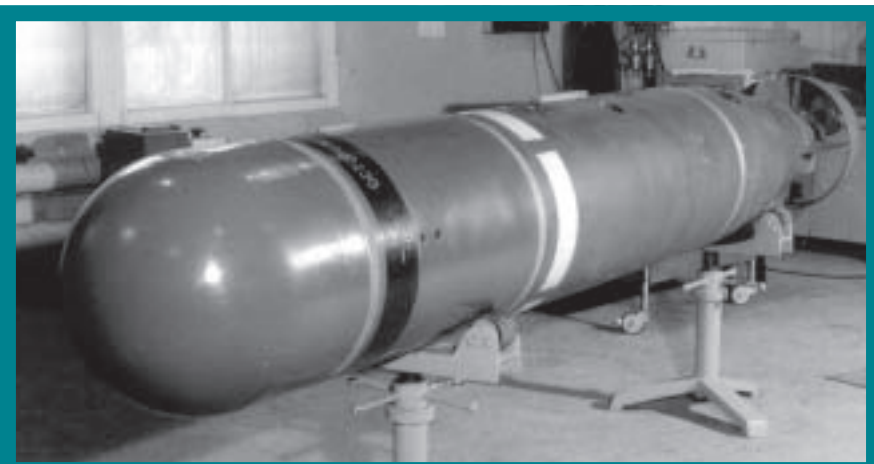
Начало созданию и развитию средств ГПД было положено образованием в 1949 г. в 6-м Научно-исследовательском морском радиолокационном институте (НИМРИ) отдела гидроакустического подавления в составе двух лабораторий [2]: активных средств ГПД (начальник С.П. Памфилов) и пассивных средств ГПД (начальник В.С. Федорищев).

Первые научно-исследовательские работы (НИР), выполненные отделом ГПД, относились к обоснованию тактико-технических заданий (ТТЗ) на опыт-

но-конструкторские работы (ОКР), направленные на создание самоходного прибора гидроакустических помех и аппарата магнитной записи (АМЗ) для имитаторов ПЛ. Одновременно выполнялись НИР, в которых исследовались возможности уменьшения отражательной способности ПЛ путем придания корпусу малоотражающих форм с применением методов масштабного акустического моделирования.

Первым практическим достижением в области ГПД была разработка НИИ-400 в 1961 г. самоходного прибора гидроакустических помех «МГ-14». Он был разработан на базе корпусно-механической части малогабаритной торпеды «Т-1» калибра 400 мм и излучателей механического типа. Главный конструктор – Д.Н. Островский. Прибор успешно подавлял ГАС противника, значительно сокращая дальность их действия.

В 50-е гг. учеными НИМРИ также были выполнены исследования, направленные на поиск путей создания дрейфующих приборов помех. В них приняли участие Э.И. Цветков, В.В. Бугаев, П.Д. Зайцев, Г.М. Шишкин, С.П. Памфилов под руководством Н.Г. Морозова. Работы увенчались созданием в 1962 г. СКБ Машиностроительного завода им. К.Е. Ворошилова Минсудпрома малогабаритного дрейфующего прибора гидроакустических помех «МГ-24» с излучателем механического типа. Прибор на заданной глубине удерживался пенопластовым поплавком, соединенным с прибором капроновой леской. Его создание положило начало разработке целого ряда малогабаритных дрейфующих приборов помех «МГ-24М», «МГ-34», «ГИП-1». В приборе «МГ-24М» в отличие от прибора «МГ-24» пенопластовый поплавок был заменен на металлический.



Самоходный многоцелевой прибор ГПД «МГ-74»



Р.А. Лукин – главный конструктор ГПД «МГ-74»

Прибор «МГ-34» был разработан СКБ завода им. В.В. Куйбышева, НИИ прикладной химии и Всесоюзным научно-исследовательским институтом телевидения (ВНИИТ). Главный конструктор – А.Д. Васильев. Прибор предназначался для отведения от ПЛ торпед с активно-пассивными акустическими системами самонаведения (АССН) путем излучения шумовой помехи и создания в воде облака из газовых пузырьков, отражающего зондирующие сигналы гидролокаторов, тем самым имитирующего эхосигналы от ПЛ.

Прибор ГИП-1 разработан НИИ прикладной химии (главный конструктор – А.А. Андреев). Предназначен для создания ложных целей путем образования в воде облака из пузырьков газа, отражающих гидроакустические волны.

Появление этих приборов на вооружении ПЛ позволило повысить эффективность решения задач, связанных с применением средств ГПД, обеспечить их постановку из уже существовавших на ПЛ пусковых установок, а также значительно увеличить их боекомплект.

По мере дальнейшего развития гидроакустических средств наблюдения противника созданные приборы ГПД стали устаревать, выявились их существенные недостатки: несоответствие спектрально-временной структуры излучаемого шума структуре шумоизлучения ПЛ, отсутствие эффекта Доплера. Это позволяло легко классифицировать приборы как ложные цели. Возникла необходимость исследования путей повышения достоверности имитации гидроакустических полей кораблей их имитаторами, совершенствования структуры и потенциала помеховых сигналов.

Дальнейшие работы 60-х гг. были направлены на совершенствование дрейфующих приборов помех и создание самоходных имитаторов ПЛ. К работам в области создания средств ГПД кроме НПО «Уран» (бывший НИИ-400) были привлечены ЛНПО «Океанприбор» Минсудпрома – в части разработки электронно-акустической аппаратуры (ЭАА), ПО «Вильма» и НПО «Маяк» Минпромсвязи – для разработки АМЗ.

Постановлением правительства разработка средств ГПД была возложена на Минсудпром и Минпромсвязи [3].

На основе результатов НИР «Звено» (научный руководитель – П.Д. Зайцев) были выполнены ОКР «Корунд», «Магма», «Ручей», в результате чего в 1967 г. появились гидроакустические имитаторы ПЛ: «МГ-44» (главный конструктор – В.Я. Зарубин), «МГ-54» (главный конструктор – В.В. Ильин), «МГ-64» (главный конструктор – Н.И. Кочеров) [4].

Имитаторы имели сложную ЭАА, позволявшую более точно воспроизводить спектрально-временную структуру гидроакустических полей ПЛ, комплекс приборов управления, позволяющий устанавливать и переключать режимы работы и программы маневрирования. Применение имитаторов позволило ПЛ решать целый ряд задач:

- уклонение от обнаружения противолодочными кораблями;
- форсирование зоны обнаружения барьера из радиогидроакустических буев (РГАБ);
- отвлечение МПЛС на ложные направления;
- создание ложных маршрутов и районов действий ПЛ;
- проведение боевой подготовки экипажей ПЛ и НК;
- обеспечение испытаний противолодочного оружия и средств противолодочной обороны.

В связи с интенсивным развитием гидроакустических средств обнаружения, освоением низкого звукового диапазона частот, развитием методов и средств классификации гидроакустических сигналов, усложнением техники и логики функционирования АССН торпед перед учеными и инженерами ВМФ и промышленности встала задача усовершенствовать существующие приборы ГПД и разработки новых. Были развернуты работы по созданию приборов нового класса – самоходных многоцелевых приборов ГПД.

В 60-е гг. был выполнен ряд комплексных НИР, направленных на исследование новых принципов построения приборов ГПД, поиск технических путей реализации новых режимов работы, совершенствование логики функционирования и тактики применения. По их

результатам были созданы многоцелевые приборы ГПД «МГ-74», «МГ-84» (от ВМФ Н.Н. Ступиченко, Д.Д. Бутнинг, П.Д. Зайцев, Г.Г. Комягин и от промышленности Р.А. Лукин, главный конструктор Б.Н. Латычевский, А.О. Марковский, Ю.П. Пелевин) [4, 5].

Создание этого прибора позволило значительно расширить круг и повысить качество решаемых средствами ГПД задач – осуществлять комплексное воздействие на ГАС (ГАК) противника: значительно снижать их дальности действия постановкой помех различного вида и отвлекать МПЛС на ложные направления путем имитации гидроакустических полей и маневренных характеристик защищающихся ПЛ. Это способствовало решению в дополнение и таких задач, как:

- срыв или затруднение слежения за подводной лодкой противолодочными силами противника;
- прорыв строя противолодочных кораблей;
- обеспечение прорыва противолодочного охранения при атаке соединения боевых кораблей или конвойя.

Дальнейшее развитие гидроакустических средств обнаружения МПЛС противника происходило в направлениях снижения рабочих частот, применения сложных зондирующих сигналов, совершенствования методов обработки и классификации принимаемых сигналов.

Бурное развитие получило также подводное оружие. Совершенствовались методы телеуправления, внедрялись новые техника и логика работы АССН. Разработчиками подводного оружия был внедрен широкий спектр технических и траекторно-логических способов защиты от средств ГПД:



В.В. Ильин – главный конструктор ГПД «МГ-44»



Схема боевого использования прибора МГ-74. Уклонение от обнаружения силами ПЛО

- селекция неподвижных целей путем определения наличия доплера;
- стробирование по дистанции и углу прихода;
- селекция сигналов по амплитуде и длительности;
- классификация по угловой протяженности цели;
- применение многочастотного зондирующего сигнала в разнесенных частотных диапазонах;
- пространственная компенсация помех на базе адаптивных антенных решеток.

В середине 70-х гг. в коллектив ученых ВМФ, работающих над созданием новых и совершенствованием существующих приборов ГПД, вошло молодое пополнение: В.Г. Белов, В.Н. Бирюков, Б.И. Горохов, В.А. Исаков, И.Г. Корж, Ю.М. Пахомов, В.М. Смирнов. При их активном участии были выполнены исследования принципов и технических путей создания новых высокоэффективных приборов ГПД.

Соответственно научные поиски 70-х и 80-х гг. в области ГПД были направлены на создание низкочастотных излучателей в приемлемых массогабаритах, повышение достоверности имитации гидроакустических полей, помехового потенциала и времени работы средств ГПД за счет создания новых типов автономных источников питания. Требовалось создание средств и методов преодоления появившихся новых способов защиты АСН торпед от средств ГПД.

Особо значимый вклад в части разработки новых передовых технических решений и тактических приемов для средств ГПД внесли от ВМФ: В.Г. Белов, В.Н. Бирюков, Б.И. Горохов, И.Г. Корж, Н.Н. Ступиченко, а от промышленности: В.Н. Антонов, А.В. Байков, И.В. Гавлюк, Н.Ф. Евтушенко, В.Г. Костромитинов, Р.А. Лукин, А.О. Марковский, В.И. Шамрей. Приборы ГПД нового поколения «МГ-104», «МГ-114» соответствуют мировым уровням

и вносят значимый вклад в обеспечение боевой устойчивости кораблей и подводных лодок ВМФ [5].

Дальнейшие научные исследования в области ГПД направлены прежде всего на решение следующих задач:

- снижение массогабаритных характеристик;
- внедрение низкого звукового и инфразвукового диапазонов частот;
- поиск оптимальных по спектрально-временной структуре помех и методов их синтеза;
- увеличение времени функционирования;
- поиск путей преодоления внедренных в подводное оружие способов защиты от средств ГПД;
- создание средств ГПД, адаптирующихся к изменяющейся помехо-сигнальной и тактической обстановке. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Суханов, В. Смирнов. Системы и средства самообороны подводных лодок ВМС // Морской сборник. – 1993. – №12. – С. 12–15.
2. История развития морских вооружений. Ч. 1. – М.: Воениздат, 1989, с. 86–88.
3. Из истории отечественной гидроакустики: Сб. статей, очерков, воспоминаний. – СПб.: Изд. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1998, с. 22–26.
4. Корж И.Г. Из истории создания и развития средств ГПД в России. – Тез. доклада на XXII годичной конференции Санкт-Петербургского ИИЕТ РАН, 2001, вып. XVII, с. 182.
5. Борискин О.П., Костромитинов В.Г. ЦНИИ «Гидроприбор» и его роль в обеспечении флота средствами гидроакустического противодействия // Морская радиоэлектроника. – 2004. – № 3(9). – С. 50–51. ■

ЗАО «ПЕЛЛА-ФИОРД»

ПРОИЗВОДИТ:

- ЗАКРЫТЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ СПАСАТЕЛЬНЫЕ ШЛЮПКИ
- СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ДЕЖУРНЫЕ ШЛЮПКИ
- СПУСКОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДЕЖУРНЫХ ШЛЮПОК, СПАСАТЕЛЬНЫХ ПЛОТОВ

Тел./Факс (812) 3804091, 3804092
Тел. (81362) 43007

**ИНФОРМАЦИЯ ПО
СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ,
СУДОРЕМОНТУ, ОБОРУДОВАНИЮ**

К  **рабел.ру**

www.korabel.ru

Тщательное изучение процессов переформирования рельефа дна под воздействием волнения, течений и ледяного покрова в районах высокой литодинамической активности необходимо для оптимизации проектных решений систем транспортировки углеводородов и обеспечения требуемого уровня безопасности их эксплуатации. Цель настоящего исследования – построить динамическую модель формирования рельефа дна и оценить пространственно-временной характер его изменения в северной части Выборгского залива (бухта Портовая) и юго-западной акватории Балтийского моря (бухта Грайфсвальдер-Бодден).

До настоящего времени и в России, и за рубежом модели развития гидрометеорологических и литодинамических процессов для указанных районов Балтийского моря не разрабатывались. Экспериментальные данные по отдельным составляющим литодинамических процессов (экзарация морского дна ледовыми образованиями, придонные волновые течения, данные по седиментации) отсутствуют.

Для достижения цели настоящего исследования нами использована доступная архивная информация, включая материалы изысканий прошлых лет, а также выполнено численное моделирование с использованием комплекса математических моделей, включающего:

- модель приводного слоя атмосферы для расчета параметров атмосферного пограничного слоя по исходным синоптическим данным;
- модель циркуляции водных масс, описывающую ветровую дрейф и сгонно-нагонные эффекты;
- модель ветрового волнения для расчета элементов ветрового волнения и волновых движений по всей глубине водного слоя;
- модель переформирования дна в результате воздействия ледовых образований;
- модель транспорта наносов, использующей результаты расчетов по указанным выше моделям в качестве исходных данных.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЕТРА И ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ

В настоящее время численное моделирование ветрового волнения основано на уравнении эволюции спектральной плотности волнового действия $N(k, \beta, \varphi, \omega)$, которое можно записать в виде

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial \varphi} \varphi + \frac{\partial N}{\partial \vartheta} \vartheta + \frac{\partial N}{\partial k} k + \frac{\partial N}{\partial \beta} \beta + \frac{\partial N}{\partial \omega} \omega = G, \quad (1)$$

где N является функцией от широты φ , долготы ϑ , волнового числа k и угла β между направлением волнового вектора и параллелью (направлением на восток), а также частоты ω и времени t ; G – функция источника определяется физическими механизмами, формирующими спектр волнения. Она записывается в виде ряда компо-

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОЛНЕНИЯ, ТЕЧЕНИЙ И ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В НЕКОТОРЫХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

С.П. Алексеев, *д-р техн. наук, проф.*,
С.М. Аncyфeров, *д-р физ.-матем. наук, проф.*,
И.Н. Давидан, *д-р геогр. наук, проф.*,
А.Н. Добротворский, *д-р техн. наук, проф.*,
В.В. Дрaбкин, *канд. техн. наук*,
С.А. Дружевский, И.Г. Кантаржи, *д-р физ.-матем. наук, проф.*,
И.В. Лавренов, *д-р физ.-матем. наук*,
И.О. Леонтьев, *д-р физ.-матем. наук*,
И.А. Неелов, *канд. физ.-матем. наук*, **А.М. Серебряков**

нент, из которых в основном используются следующие: $G = G_{in} + G_{nl} + G_{ds,1} + G_{ds,2}$, где G_{in} – поступление энергии от ветра к волнам; $G_{ds,1}$ – диссипация волновой энергии, связанная с обрушением гребней волн; $G_{ds,2}$ – диссипация за счет донного трения; G_{nl} – нелинейное взаимодействие в спектре ветрового волнения.

Наиболее известная западная модель WAM, основанная на решении уравнения (1), была разработана международной группой ученых WAMDI (Wave Modeling Group), исходя из следующих принципов.

Во-первых, считалось необходимым использовать наиболее точную аппроксимацию интеграла столкновений, которая сохраняет ту же кубическую структуру оператора, что и оригинальное выражение. Соответствующая аппроксимация получила название «дискретного приближения». В случае развития волн в мелководных акваториях функция слабонелинейного переноса энергии учитывает соответствующую поправку, описывающую изменение слабонелинейного взаимодействия волн в бассейне конечной глубины.

Во-вторых, функция источника была дополнена более точным механизмом диссипации, физическое обоснование которого остается открытым. Функция диссипации была получена на основе выполнения серии численных расчетов уравнения баланса энергии с точным вычислением интеграла столкновений. Это дает возможность использовать модель как глобальную. В модели учитываются рефракция и донное трение. Сама же модель классифицируется как модель ветрового волнения третьего, а затем и четвертого поколения, поскольку

в ней сделана попытка учесть взаимодействие волн с атмосферным пограничным слоем.

Позднее была разработана модель WAVEWATCH. Она по сути является развитием модели WAM в отношении параметризации функции источника, хотя аппроксимация слабонелинейного взаимодействия используется та же, что и в модели WAM. В модели WAVEWATCH применяется более совершенная численная схема решения уравнения баланса волновой энергии, чем в модели WAM.

Эти модели интересны способом параметризации физических механизмов, формирующих спектр волнения, но ни одна из них, ни WAM, ни WAVEWATCH, не учитывает слабонелинейное взаимодействие в точном представлении. Модели используют так называемое DIA аппроксимацию слабонелинейного взаимодействия в спектре волн. Кроме того, они содержат ряд подгоночных параметров.

После окончания работы международной группы WAMDI был реализован новый международный проект WISE (Waves In Shallow Environmental), который поставил своей целью продолжить исследования и создать более совершенную модель ветрового волнения применительно к мелководным акваториям. Такая модель создана и получила название SWAN (Simulating Waves Nearshore). Это модель третьего поколения, которая помимо параметризации физических механизмов, формирующих спектр волн на глубокой воде, включает дополнительно эффекты рефракции, трехволновых взаимодействий и диссипации волновой энергии, связанной с обрушением волн на мелководье.

Для численного моделирования ветрового волнения используется также модель AARI-PD2, которая является спектроразрешающей, т.е. позволяет получать оценки частотно-углового спектра и всех его интегральных параметров. Модель состоит из трех блоков:

параметрической модели ветрового волнения, которая описывается тремя параметрами: частотой спектрального пика, нулевого момента спектра и генерального направления распространения волны;

спектральной модели эволюции зыби;

блока взаимодействия между ветровыми волнами и зыбью. Несмотря на ее простоту, она дает достаточно надежные результаты и обладает высоким быстродействием, что позволяет использовать ее при выполнении оперативных расчетов в реальном масштабе времени и для решения задач режимного характера, в которых необходимо рассчитывать непрерывные ряды полей ветрового волнения за десятки лет.

Следует отметить, что эта модель получила одобрение для практического использования решением Центральной методической комиссии Росгидромета. В настоящее время она используется в оперативном режиме (дважды в сутки, с пространственным шагом $2.5 \times 2.5^\circ$) в Гидрометеоцентре России для расчетов прогнозов ветрового волнения в Мировом океане.

Указанные модели применены нами для исследования процессов перестроения рельефа дна в мелководных районах Балтийского моря.

Информационной базой для выполнения расчетов ветра и волнения послужили данные реанализа приземного давления и скорости ветра европейского центра (ECMWF) за 45-летний период, которые показали лучшее соответствие фактическим наблюдениям на прибрежных станциях, чем другие источники (например, американский реанализ NCEP/NCAR).

При расчете ветрового волнения учитывалось наличие ледяного покрова и распределение глубин. С этой целью сформированы три расчетные области с различным пространственным разрешением:

– генеральная, покрывающая все Балтийское море с шагом по широте 0.25° (~27.75 км) и шагом по долготе 0.50° (~27.75 км). Генеральная расчетная область показана на рис.1.

– вложенная, покрывающая акваторию бухты Портовая с шагом по широте $0.1'$ (~185 м) и шагом по долготе $0.2'$ (~185 м);

– вложенная, покрывающая акваторию бухты Грайфсвальдер-Бодден с шагом по широте $0.541'$ (~1 км) и шагом по долготе $0.928'$ (~1 км).

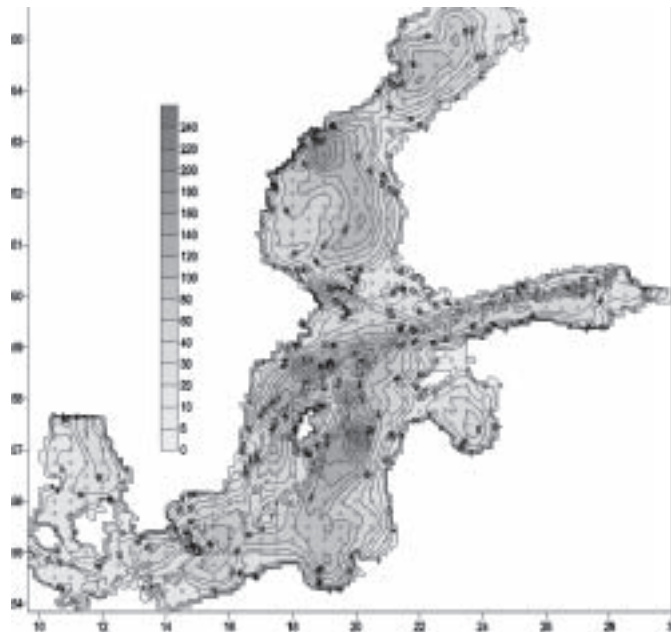


Рис.1. Расчетные точки и батиметрия для акватории Балтийского моря

Результаты расчетов по генеральной сеточной области использованы для задания граничных условий на локальных сетках.

Математическое моделирование позволило рассчитать двумерные функции распределения скоростей ветра и высот волн. По этим данным были определены направления, по которым в бухты Портовая и Грайфсвальдер-Бодден распространяется наиболее интенсивное ветровое волнение. Для них были рассчитаны значения скоростей ветра, возможные один раз в 1; 5; 10; 20; 50 и 100 лет путем аппроксимации ежегодных максимумов скоростей ветра асимптотическим распределением Вейбулла. Результаты расчетов приведены в табл. 1, 2 и на рис. 2, 3.

Таблица 1

Экстремальные значения скорости ветра, средних высот и средних периодов волн на волноопасных направлениях для глубоководной точки на подходе к бухте Портовая

Параметр	1 год	5 лет	10 лет	20 лет	50 лет	100 лет
Скорость ветра, м/с	19.0	22.7	24.6	26.3	28.3	30.0
Средняя высота, м	1.8	2.1	2.2	2.8	3.0	3.5
Средний период, с	5.6	5.7	5.8	6.2	6.5	7.0

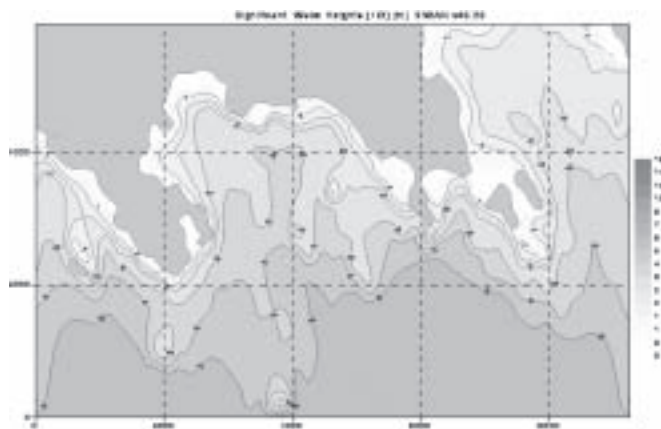


Рис. 2. Поле значительных высот волн в бухте Портовая, возможных раз в 100 лет

Таблица 2

Экстремальные значения скорости ветра, средних высот и средних периодов волн на волноопасных направлениях на входе в бухту Грайфсвальдер-Бодден

Параметр	1 год	5 лет	10 лет	20 лет	50 лет	100 лет
Скорость ветра, м/с	16.0	17.5	18.0	20.0	22.0	23.0
Средняя высота, м	1.4	2.1	2.7	3.3	4.2	4.5
Средний период, с	5.0	7.0	8.0	8.5	10.0	10.5

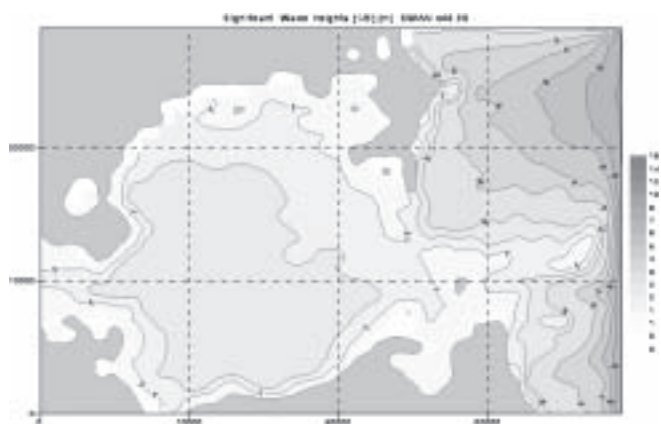


Рис. 3. Поле значительных высот волн, возможных раз в 100 лет в бухте Грайфсвальдер-Бодден

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЙ И КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ВЕТРА

В расчетах использована трехмерная гидродинамическая модель, основанная на полных уравнениях движения вязкой несжимаемой жидкости в приближениях Буссинеска и гидростатики, уравнениях переноса тепла и соли и уравнения состояния морской воды в форме ЮНЕСКО. На поверхности жидкости задается кинематическое условие и решается прогностическое уравнение для свободной поверхности. На дне и на твердых горизонтальных границах задаются соответственно компоненты вектора касательного напряжения трения и условие непротекания со скольжением. Для уравнений переноса тепла и соли на твердых границах ставятся условия теплосолеизоляции. На жид-

ких границах ставятся условия, зависящие от направления потока. В случае вытекающего потока задается радиационное условие Зоммерфельда. Для параметризации вертикального турбулентного обмена используется так называемая В-Л модель, т.е. решается уравнение бюджета турбулентной энергии с привлечением гипотезы Колмогорова, а масштаб турбулентности определяется по известной формуле Вольцингера–Монтгомери с поправкой на стратификацию жидкости.

Циркуляция Балтийского моря рассчитана для 100 слоев фиксированной толщины. Циркуляция Финского залива и в районе германского побережья рассчитана с вертикальным разрешением 10 уровней. Расчеты выполнены с шагом 9 км для акватории Балтийского моря и 250 м для Финского залива с шагом 1 км у побережья Германии.

Установлено, например, что ветровой нагон в бухте Портовая максимален при южных ветрах и составляет 100 см при скорости ветра 29 м/с и 140 см при скорости ветра 32 м/с (рис. 4).

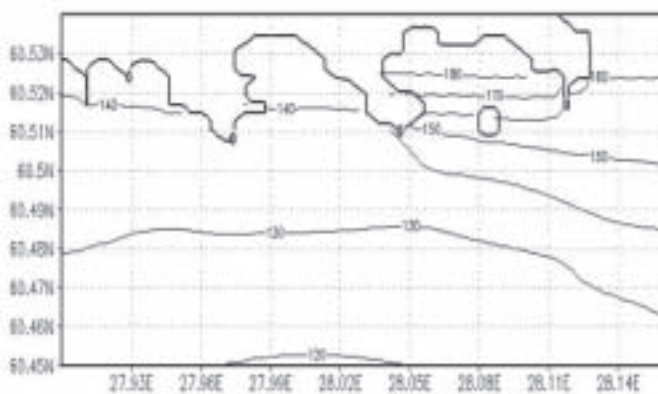


Рис. 4. Свободная поверхность (см) в районе бухты Портовая при южном ветре 32 м/с

Ветровой нагон у побережья Германии максимален при северо-восточных ветрах и достигает 120 см при скорости ветра 23 м/с (рис. 5).

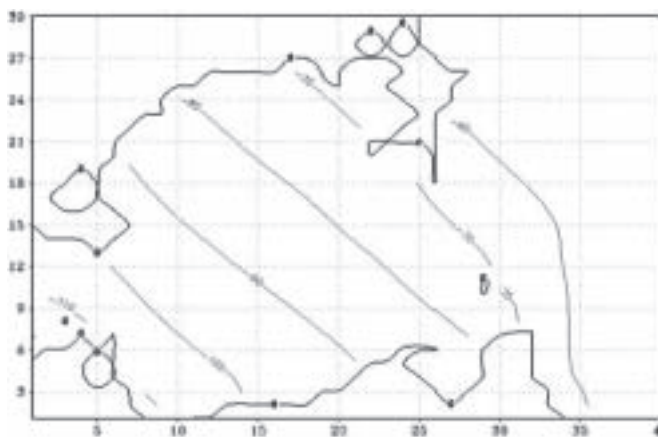


Рис. 5. Свободная поверхность (см) у побережья Германии при северо-восточном ветре 23 м/с

Поверхностные течения в бухте Портовая максимальны в прибрежных районах и достигают 20–30 см/с в северном направлении. Максимальные значения скорости течений в придонной области приурочены к центру бухты и достигают 10–15 см/с в южном направлении (рис. 6).

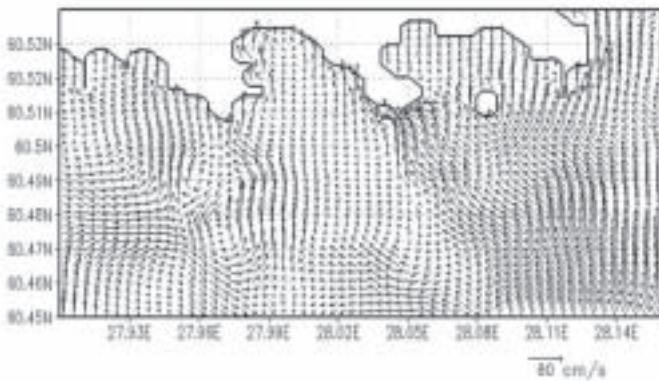


Рис. 6. Поверхностные течения в районе бухты Портвая при южном ветре 32 м/с

Максимальные значения скоростей течения в бухте Грайфсвальдер-Бодден к мелководным прибрежным районам, где они достигают 30 - 50 см/с (рис.7).

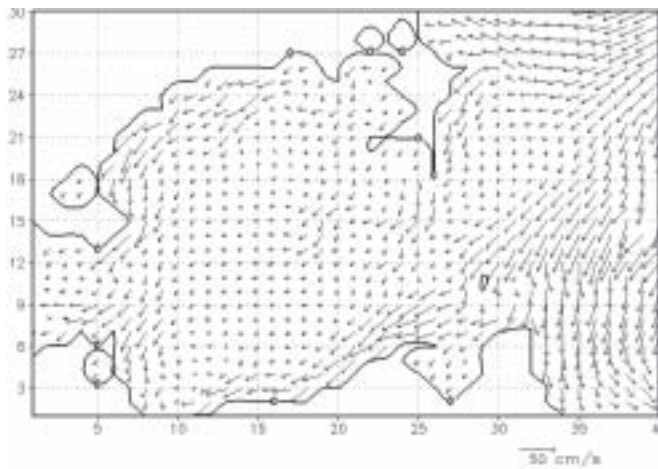


Рис. 7. Поверхностные течения в районе у побережья Германии при северо-восточном ветре 23 м/с

В прибрежных районах направление придонных течений близко к направлению поверхностных течений, а их скорости достигают 15 - 20 см/с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЬДА

При взаимодействии дрейфующих ледяных образований с донным грунтом нередко возникают глубокие и достаточно протяженные борозды. Образование таких борозд («эскарация») может представлять серьезную угрозу целостности подводных трубопроводов. В соответствии с требованиями нормативных документов экспериментальные исследования режимных характеристик ледяного покрова должны проводиться в течение пяти лет.

Такие наблюдения в мелководных районах Балтийского моря до настоящего времени не проводились.

Модели ледовой эскарации базируются на уравнениях баланса кинетической энергии тороса и работы сил сопротивления со стороны грунта. Решение системы уравнений баланса сил сопротивления, включающей силы, нормальные и касательные к внутренней плоскости выдавливаемого грунтового клина, его вес и трение по бокам ледового образования, позволяют вычислить основные параметры образующихся борозд.

Полученные результаты используются далее для статистической оценки вероятности появления борозд определенных размеров на заданном участке шельфа с учетом параметров встречающихся торосов и возможных характеристик скорости дрейфа льда.

Эмпирически подобранный закон распределения глубины эскарации позволяет экстраполировать ее значения в область малых вероятностей.

Режимные характеристики ледяного покрова, необходимые для оценки его влияния на морское дно, получены на основе данных наблюдений за период с 1901 по 2000 гг. (средние и экстремальные характеристики ледяного покрова, сроки наступления ледовых фаз, толщина льда, размеры льдин, характеристики торосистых образований, скорости дрейфа льда при подходе к берегу).

При решении задачи о взаимодействии тороса с морским дном очень важное значение имеет вопрос об интегральной прочности подводной части тороса. Иными словами, во время контакта тороса и грунта может происходить либо разрушение тороса, либо деформация грунта (для упрощения задачи в первом приближении будем игнорировать возможный «смешанный» вариант).

В данном случае принята следующая гипотеза: киль тороса имеет в разрезе треугольную форму, а прочность киля на сдвиг возрастает от нижней точки киля к поверхности воды. Поэтому на первой стадии контакта между килем и грунтом разрушается киль, т.е. нижняя, наименее прочная часть киля отсекается. Однако с уменьшением глубины моря в контакт с грунтом вступают все более прочные слои киля, в какой-то момент он становится прочнее грунта, и начинается деформация последнего.

Допустим, что прочность киля на сдвиг пропорциональна ширине киля, и тогда его «прочная часть» расположена выше некоторого уровня, где ширина киля равна некоторому критическому значению $B_{кр}$.

Исходя из этого, можно оценить осадку прочной части киля h_{ks} (рис. 9):

$$h_{ks} = h_k - B_{cr} \operatorname{tg} \theta; \quad (2)$$

где h_k – полная осадка киля; θ – угол ската боковой поверхности киля.

Таким образом, деформация грунта начинается при глубине моря, равной h_{ks} , когда в контакт с грунтом вступает прочная часть киля.

Для оценки возможных параметров эскарации разработана динамическая модель взаимодействия тороса с морским дном. Модель учитывает такие параметры, как размеры и масса торосистого образования (включая толщину и размер льдины, на которой находится торос), скорость его движения в момент начала контакта с грунтом, угол наклона дна, характер грунта, скорость ветра (рис.8.).

Численная реализация модели для различных сочетаний ледовых, ветровых и донных условий позволила получить оценки вероятности эскарации заданной глубины в разные периоды ледового сезона.

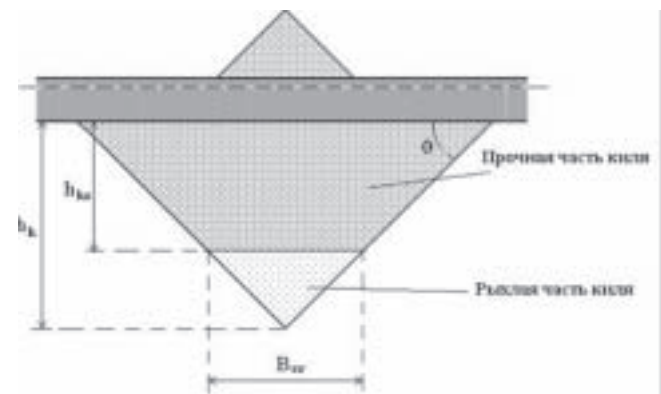


Рис. 8. Упрощенная схема распределения прочности тороса

Примеры расчета эскарации льда представлены на рис. 9 и 10.

Параметры экстремальной экзарации малой повторяемости («раз в N лет») в бухте Грайфсвальдер-Бодден

Параметр	Повторяемость 1 раз в N лет					
	1	5	10	20	50	100
Высота паруса тороса, м	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4
Скорость ветра, м/с	16	17,5	18	20	22	23
Средняя длина борозды, м	11	14	15	16	16	17
Максимальная длина борозды, м	35	36	37	37	38	40
Средняя глубина борозды, м	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Максимальная глубина борозды, м	0,11	0,21	0,24	0,26	0,30	0,32

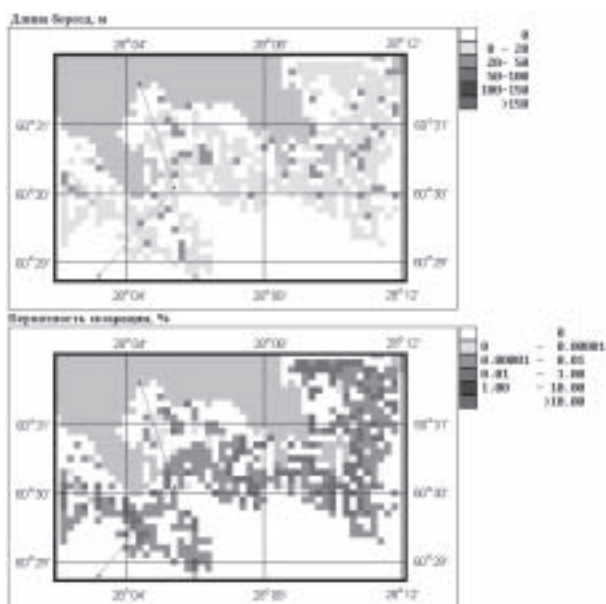


Рис. 9. Распределения длины и вероятности экзарации глубиной 0,10–0,25 м в бухте Портовая в апреле

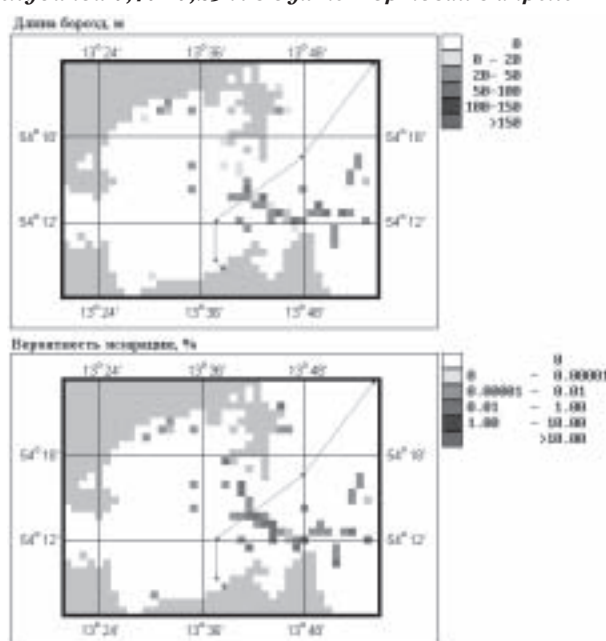


Рис. 10. Пример распределения длины и вероятности экзарации глубиной 0,10–0,25 м в бухте Грайфсвальдер в феврале

Результаты расчета параметров экстремальной экзарации малой повторяемости приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Параметры экстремальной экзарации малой повторяемости (раз в N лет) в бухте Портовая

Параметр	Повторяемость 1 раз в N лет					
	1	5	10	20	50	100
Высота паруса тороса, м	1,5	2,0	2,4	2,6	2,8	3,0
Скорость ветра, м/с	19	22	24	26	28	30
Средняя длина борозды, м	19	23	30	31	33	34
Максимальная длина борозды, м	47	48	48	50	52	53
Средняя глубина борозды, м	0,17	0,25	0,33	0,34	0,35	0,39
Максимальная глубина борозды, м	0,99	1,17	1,67	1,74	1,78	1,86

АНАЛИЗ ДАННЫХ ГИДРОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ

Гидролокационные исследования проводились в бухте Портовая в октябре 2004 г. На изображениях поверхности дна обнаружены следы воздействия ледовых образований, которые были частично заматы за время, прошедшее после таяния ледяного покрова (рис. 11).

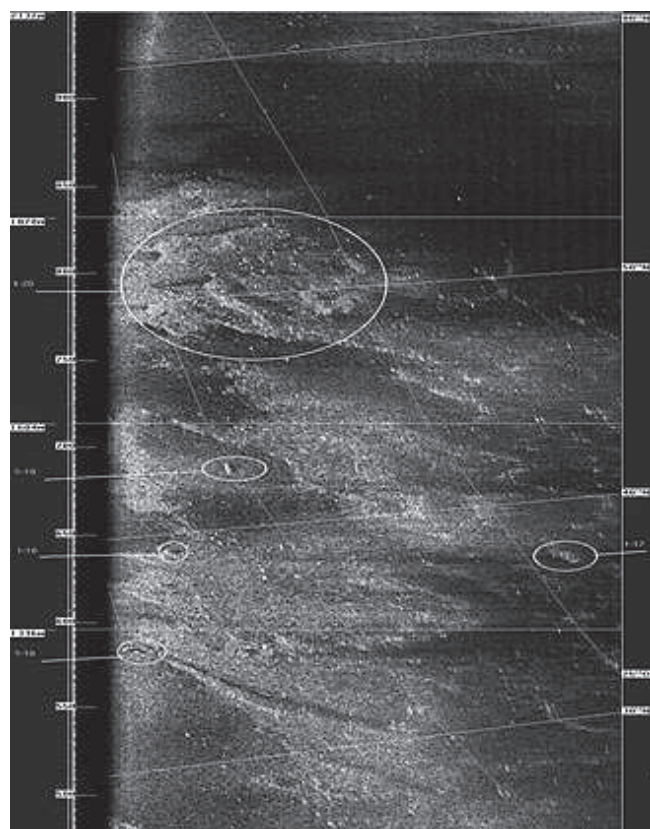


Рис. 11. Гидролокационное изображение поверхности дна со следами ледовой экзарации

Длина следов экзарации составляет до нескольких десятков метров, ширина до нескольких метров. Их положение и размеры в целом соответствуют результатам математического моделирования. Этот факт является хорошим подтверждением надежности использованных в работе математических моделей.

ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА ДНА

Основными причинами изменений рельефа в исследуемых районах являются деформации, обусловленные процессами размыва и аккумуляции осадков, штормовым перемещением материала, а также деформации, вызванные формированием и перемещением донных образований – рифелей и подводных валов.

Прогноз деформаций, обусловленных перемещением осадков, выполнен двумя методами: локального баланса наносов и на основе сравнения профилей динамического равновесия. Методы прошли достаточно серьезную апробацию на целом ряде крупных объектов морского гидротехнического строительства в России и за рубежом.

В нашем случае расхождение между результатами численного моделирования, полученных каждым из методов, не превышает 0,1 м. Поэтому выявленные теоретическим путем закономерности переформирования рельефа дна, хотя и нуждаются в тщательной экспериментальной проверке, но позволяют достаточно уверенно судить о характере литодинамических процессов в исследуемых районах. В целом эти закономерности по бухте Портовая сводятся к следующему:

– подлежащие учету деформации дна могут наблюдаться только в прибрежной области с глубинами менее 10 м. При этом главную роль в деформациях рельефа играют умеренные и сильные шторма южного румба, при которых размыв дна достигает 0,4 м, а аккумуляция – 0,8 м. Максимальные абсолютные значения деформаций достигаются при экстремальных штормах редкой повторяемости. В полосе глубин менее 5 м они вызывают размыв дна до 0,5 м. Вынесенный материал откладывается на глубинах 6–9 м, где толщина слоя аккумуляции может превышать 2,1 м. Достаточно существенными могут быть деформации, обусловленные миграцией подводных валов ($\pm 0,8$ м). Таким образом, границы всего диапазона потенциальных деформаций рельефа характеризуются значениями от – 0,8 м (размыв) до 2,1 м (аккумуляция).

Закономерности формирования рельефа дна в бухте Грайфсвальдер-Бодден несколько иные:

– заметные деформации дна могут ожидать в прирезовой области, включая пляж. В открытой части бухты и у входа в нее штормовые деформации пренебрежимо малы. Максимальные абсолютные значения деформаций достигаются при экстремальных штормах редкой повторяемости, действующих на фоне нагона. При этом в подводной части пляжа возможен размыв дна до 0,6 м, а в надводной его части – аккумуляция, также до 0,6 м. Процессы рифелеобразования не вносят заметного вклада в штормовые деформации рельефа. Динамические условия в бухте не исключают возможность существования подводных валов (в зоне глубин менее 3 м), миграции которых могут вызвать деформации дна в пределах $\pm 0,5$ м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

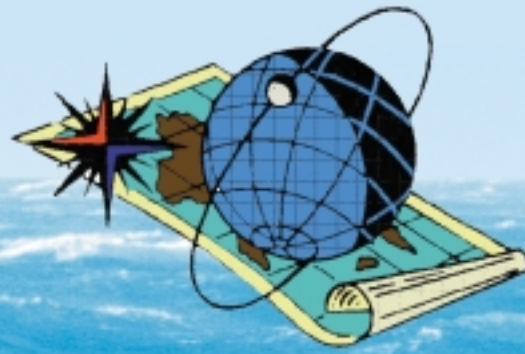
Практическое использование результатов работы позволит оптимизировать проектные решения систем транспортировки углеводородов.

Перспективным объектом внедрения разработки могут быть морские участки северо-европейского газопровода. ■

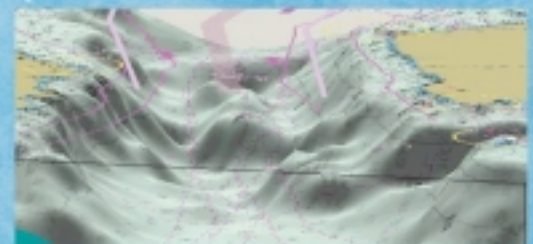
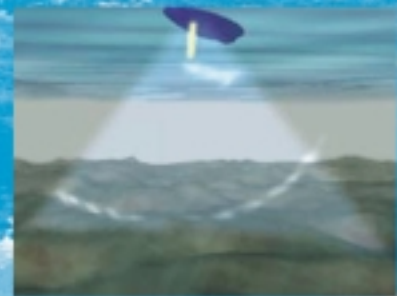
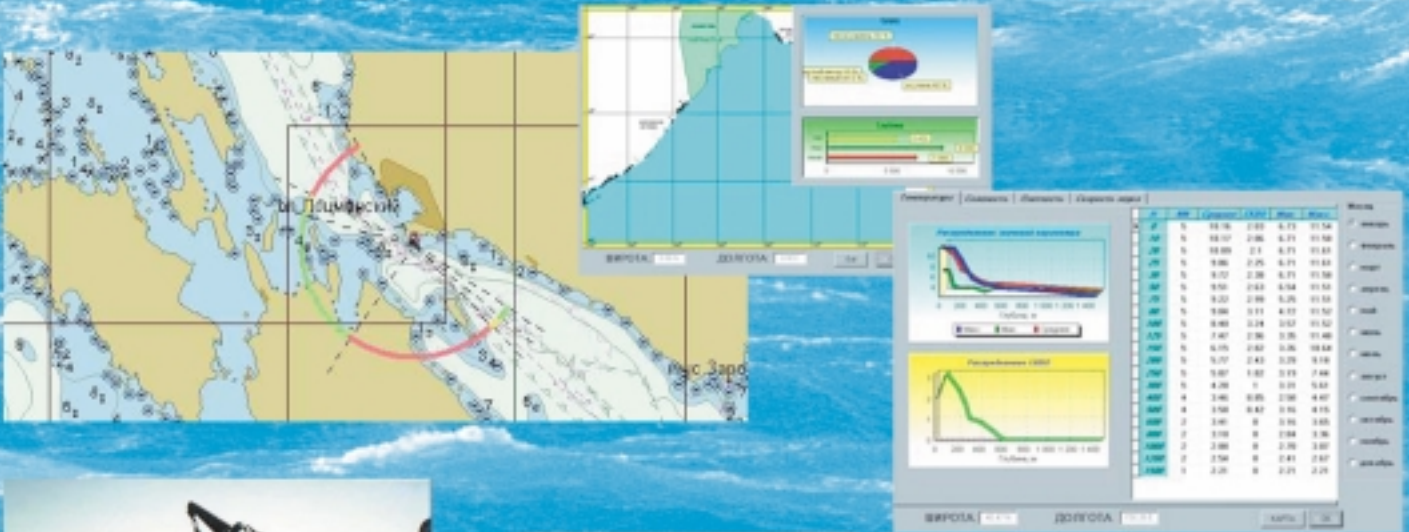
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анциферов С.М., Кантаржи И.Г.* Расчет концентрации наносов, взвешенных волнами, распространяющимися на течении. – сб. «Водное хозяйство. Порты и портовые сооружения. Объекты строительства на шельфе». – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004.
2. *Давидан И.Н., Лавренов И.В., Пасечник Т.А.* и др. Математическая модель и метод оперативных расчетов ветрового волнения на морях СССР // Метеорология и гидрология. – 1988. – № 11. – С.81-90.

3. *Доброворский А.Н., Дружевский С.А., Кушниц В.М., Петренко Л.А.* Математическое моделирование деформаций дна под воздействием гидрометеорологических факторов. – Сб. докладов IV Российской науч.-техн. конфер. «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии» (НО-2001), – Санкт-Петербург, 6-9 июня 2001 г. – ГНИНГИ МО РФ, т. 2, с. 293-298.
4. *Доброворский А.Н., Дружевский С.А., Кушниц В.М., Петренко Л.А.* Диагностическая модель деформаций дна под воздействием гидрометеорологических факторов. // Навигация и гидрография. – 2001. – № 12. – С. 112-122.
6. *Драбкин В.В., Трапезников Ю.А., Фокина М.Л.* Вероятностное моделирование ледовитости Балтийского моря // Метеорология и гидрология. – 1988. – № 5. – С. 126-130.
7. *Драбкин В.В.* Образование торосов и навалов льда при нагонах (на примере Финского залива). – Тр. ААНИИ, 1978, т. 354, с. 89-96.
8. *Драбкин В.В., Лебедев А.А.* Некоторые особенности ледового режима Финского залива. – Исследования ледяного покрова в замерзающих морях – Тр. ГНЦ РФ ААНИИ, 2001, т. 443, с. 38-47.
9. *Клячкин С.В., Сухоруков К.К.* Комплексная модель динамического и квазистатического взаимодействия торосистого ледяного образования с морским льдом. – РАО-97, 1997, 8 с.
10. *Лавренов И.В.* Математическое моделирование ветрового волнения в пространственно-неоднородном океане. – СПб: Гидрометеиздат. – 1998. – 499 с.
11. *Леонтьев И.О.* Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. – М.: ГЕОС, 2001. 272 с.
12. *Неелов И.А., Умнов А.А.* Модель экосистемы Невской губы / под ред. проф. В.В.Меншуткина. – В сб.: «Невская губа – опыт моделирования», СПб, 1997.
13. *Alekseev S.P., Dobrovorsky A.N., Druzhewsky S.A.* Technology of Caring Out the Sea Engineering Investigations Intended to Choose the Submarine Pipeline Routes at Preliminary Design Stage // The Proceedings of the Second 1999. ISOPE European OFFSHORE MECHANICS SYMPOSIUM; Pipelines (Moscow, Russia, ISOPE EUROMS-99). – 1999. – p. 92–93.
14. *FUGRO N.V.* Annual report, 2003–2004.
15. *Galperin, B., Kantha, L.H., Hassd, S., Rosati, A.* A quasi-equilibrium turbulent energy model for geophysical flows // J. Atmos. Sci. –1988. –Vol.45. –P.55-62.
16. *Hennings I., Herbers D., Prinz K., Ziemer F.* On waterspouts related to marine sandwaves // Marine Sandwave and River Dune Dynamics – 1–2 April, 2004. – Enschede the Netherlands, CD.
17. *Hulscher J.M.N., Knaapen M.A.F., Scholle O.* Regeneration of dredged sand waves // Marine Sandwave and River Dune Dynamics – 1–2 April, 2004. – Enschede the Netherlands, CD.
18. *Komar P. D., Gaughan M.K.* Airy wave theory and breaker height prediction. – Coastal Eng. – 1972. – Proc. vol. 1. – p. 125-132.
19. *Neelov I.A., Kouraev A.V.* 3D circulation model of the Kara Sea // NIERSC Technical report N 3. – Project INTAS-93-0814. – 1996. – 49 p.
20. *Larson M., Kraus N.C.* SBEACH: numerical model for simulating storm-induced beach change. Tech. Rep. CERC-89-9. 1989. US Army Eng. Waterw. Exp. Station. Coastal. Eng. Res. Center.
21. *Lavrenov I.V.* Wind waves in Ocean. Springer-Verlag, – 2003, – 286 p.
22. *Larson M., Wise R.A.* Simple models for equilibrium profiles under breaking and non-breaking waves. Proc 26th Coastal Engrg. Conf., ASCE, – 1998. ■



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НАВИГАЦИОННО- ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИИ



Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, д.41
тел./факс: +7-812-322-21-13, факс: +7-812-322-33-19
[http://: www.navy.ru](http://www.navy.ru); E-mail: gningi@navy.ru



К 55-ЛЕТИЮ КОНТР-АДМИРАЛА ПРОФЕССОРА С.П. АЛЕКСЕЕВА

Сергей Петрович Алексеев родился 20 августа 1950 г.

В 1972 г. он с отличием окончил ВВМУ им. М.В. Фрунзе, а в 1983 г. – Военно-морскую академию. По окончании училища проходил службу на Северном флоте в должности командира ЭНГ, командира штурманской БЧ новейших ракетных подводных крейсеров стратегического назначения (РПК СН), затем помощника флагманского штурмана и флагманского штурмана АПЛ (1983–1987). В 1987–1990 гг. С.П. Алексеев – флагманский штурман флотилии ПЛ; участвовал в девяти дальних походах, пять из которых проходили подо льдами Арктики. В 1984 г. был председателем Государственной комиссии по испытаниям и приемке на вооружение нового надводного корабля для РПК СН. В 1988 г. его назначают начальником походного штаба – руководителем штурманов трансарктических переходов РПК СН с Северного на Тихоокеанский флот. С 1990 г. он – заместитель начальника 9 НИИГИ МО, а с 1999 г. – начальник ГНИНГИ МО РФ. В том же году он защитил докторскую диссертацию.

Сергей Петрович Алексеев – участник исследований путей технической реализации требований к надводным кораблям ВМФ, прежде всего в части перспективных образцов высокоточного оружия; создания корабельной аппаратуры – потребителей спутниковых радионавигационных систем; совершенствования технологии и программно-математического



Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт МО РФ

обеспечения комплексной обработки материалов гидрографических и океанографических съемок; создания комплексов гидрометеорологического обеспечения безопасности взлетно-посадочных операций корабельной авиации; системного проектирования и сбалансирования средств и методов навигационного гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГГМО) ВМФ и хозяйственной деятельности на море.

Он руководит конверсионными разработками института, рядом НИР по НГГМО арктического промысла морских углеводородов, а также прокладки морских трубопроводов на Балтике. Участвует в работах по навигационному гидрографическому обеспечению обустройства новых российских портов в Финском заливе, на Дальнем Востоке и Каспийском море. Является председателем Северо-Западного регионального отделения Российского общественного института навигации, членом редакционного совета журнала «Морской вестник».

В 2000 г. ему присваивают звание контр-адмирала.

С.П. Алексеев – автор 180 печатных трудов, в том числе трех монографий; профессор (2002 г.), заслуженный военный специалист РФ (1998 г.), лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники (2002 г.).

Награжден орденами «Красной Звезды», «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР» 3-й степени, медалью «За боевые заслуги» и другими медалями. ■

Служивцы, коллеги и друзья поздравляют Сергея Петровича с юбилеем, желают крепкого здоровья, творческого долголетия, успехов по службе и в научно-общественной деятельности.

**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА
«МОРСКОЙ ВЕСТНИК»
ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ К ЭТИМ
ПОЗДРАВЛЕНИЯМ И ЖЕЛАЕТ
ЮБИЛЯРУ ДАЛЬНЕЙШЕЙ
ПЛОДОТВОРНОЙ РАБОТЫ
НА БЛАГО ОТЕЧЕСТВА.**

В условиях обострившейся экологической ситуации в России крайне необходима разработка судостроительных технологий, направленных на охрану окружающей среды, на уменьшение потребления природных ресурсов, а также на утилизацию отходов, загрязняющих водоемы, атмосферный воздух, занимающих большие пространства природных земель. При этом существующие в рамках различных научных направлений технологии построения судов не позволяют решить проблему комплексно. Они не учитывают, с одной стороны, особенности региона, а с другой, не предлагают единых универсальных подходов к оценке их влияния на окружающую среду.

Особенно эти проблемы затрагивают регион Санкт-Петербурга и Ленинградской области России, где судостроительные предприятия находятся в черте города. В этой связи представляется целесообразным осуществить фундаментальный подход к разработке новых природоохранных, ресурсосберегающих технологий, вскрытие резервов отходов и их утилизации в полезный продукт с учетом комплексной оценки влияния на окружающую среду.

1. МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ (ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ) И КАЧЕСТВА ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СУДОСТРОЕНИИ. ИНДЕКС ЭКОЛОГИЧНОСТИ И КАЧЕСТВА IEQ

Предлагаемая методика направлена на получение оценки новой технологии в аспекте рассмотрения ее влияния на окружающую среду региона, в котором предполагается ее использование.

Прежде всего возникает необходимость определить, оказывает ли изучаемая технология (как правило, речь идет о технологиях, намеченных к внедрению) влияние на окружающую среду (природоохранные технологии в судостроительной промышленности). Это – первая группа задач.

Вторая группа задач посвящена сбережению природных ресурсов, т.е. исследованию технологий, позволяющих уменьшить потребление природных ресурсов при создании материалов, способных полностью заменить материалы, созданные по старым технологиям (ресурсосберегающие технологии в судостроительной промышленности).

Третья группа задач направлена на улучшение окружающей среды и необходимость оценки эффективности предлагаемых технологий (технологии утилизации отходов судостроительного производства).

Технология аналитически оценивается в различных аспектах (воздействие на экологическую обстановку, качество технологии и др.); индекс экологичности и качества IEQ определяется как средневзвешенная сумма оценок по каждому аспекту.

Предполагается, что чем выше значение индекса IEQ, тем выше качество технологии. Основная идея введения индекса состоит в следующем. Значения всех показателей, описывающих рассматриваемый технологический процесс (независимо от единицы измерения и диапазона изменения), сопоставляются с безразмерной величиной в диапазоне от 0 до 1. Технологический процесс рассматривается в различных аспектах, для каждого аспекта формируется оценка в рамках единой шкалы (в диапазоне от 0 до 1). Средневзвешенная сумма этих оценок (суммирование с учетом ве-

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ СУДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Т.С.Тимова, канд. техн. наук, доцент,
Петербургский государственный университет путей сообщения

совых коэффициентов) позволяет получить комплексную оценку экологичности и качества технологии (индекс IEQ), его значения также лежат в диапазоне от 0 до 1.

При оценке технологии рекомендуется рассматривать, по крайней мере, две составляющих: экологическую и качество продукта (рис. 1).

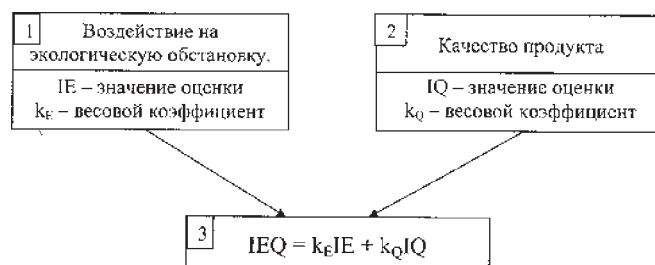


Рис. 1. Формирование индекса экологичности и качества (IEQ)

При этом важно назначение рассматриваемой технологии.

1. Для природоохранных технологий необходимо чтобы значение оценки IE после внедрения технологии ($IE_{\text{после}}$) практически не отличалось от значения IE этой же оценки до применения ($IE_{\text{до}}$) рассматриваемой технологии, $IE_{\text{после}} = IE_{\text{до}}$. Для ресурсосберегающих технологий и технологий утилизации экологическая обстановка должна улучшаться и, соответственно, $IE_{\text{после}} > IE_{\text{до}}$.

2. Для любых технологий качество продукта должно повышаться, поэтому необходимо, чтобы выполнялось $IQ_{\text{после}} > IQ_{\text{до}}$.

3. Средневзвешенная оценка, полученная на основе оценок экологичности и качества технологии, определяет прогрессивность принятого решения в комплексе (IEQ).

Предлагаемая методология комплексной оценки влияния новых природоохранных технологий на окружающую среду включает описание принципов и технологию формирования IEQ, алгоритмы вычисления соответствующих оценок на каждом этапе.

Этапы формирования IEQ. На 1-м этапе осуществляется формализация целей, решаемых технологией, предлагаемой к внедрению, формируется модель окружающей среды региона и определяются показатели качества технологии (рис. 2). При этом нет необходимости строить полную модель окружающей среды региона. Достаточно описать те показатели, на которые может оказать влияние новая технология.

На 2-м этапе в соответствии с построенной на первом этапе моделью осуществляется анализ окружающей

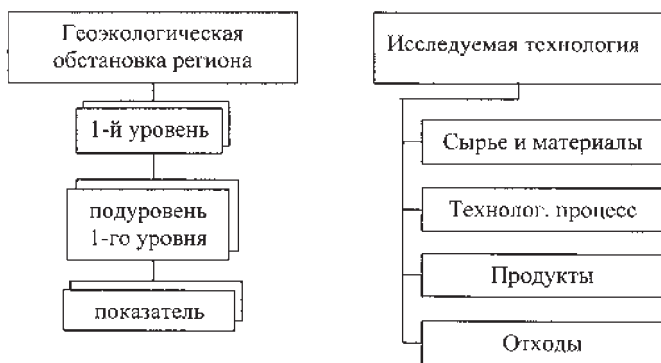


Рис. 2. Модель окружающей среды региона и показатели качества

среды региона на текущее время. Результатом является уточненная модель окружающей среды региона (рис. 3), описывающая влияние анализируемой технологии на геоэкологию. Уровень, содержащий показатели, будем называть элементарным (Аспекты 1.1; 2.1; 3.1; 3.2).

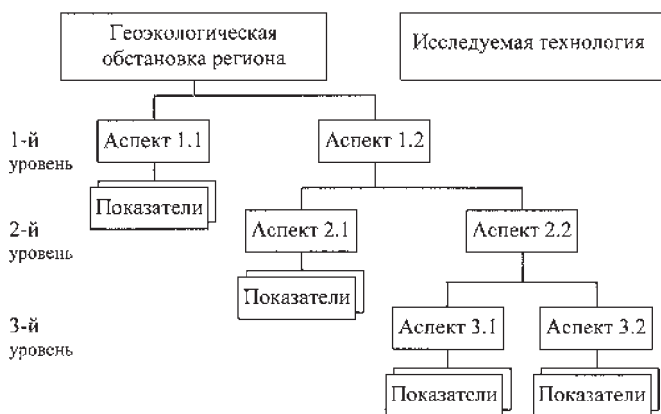


Рис. 3. Уточненная модель геоэкологической обстановки региона

На 3-м этапе осуществляется мониторинг окружающей среды данного региона во время экспериментальной проверки функционирования новой технологии и ее опытной эксплуатации. Полученные результаты наблюдений статистически обрабатываются: для каждого показателя вычисляются:

среднестатистическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x; \quad (1)$$

стандартное отклонение

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}. \quad (2)$$

На 4-м этапе формируется математическая модель оценки влияния исследуемой технологии на окружающую среду региона и ее качества. Всем показателям присваиваются весовые коэффициенты kP_i . Для каждого уровня, имеющего подуровни, присваиваются весовые коэффициенты всем его подуровням kL_j . При этом предполагается, что сумма весовых коэффициентов на каждом уровне равна 1. Для каждого показателя строится зависимость экологичности и качества технологии от значения показателя (IE_i – индекс экологичности i -го показателя или IQ_i – индекс качества i -го показателя). Эта зависимость строится на основе результатов мониторинга окружающей среды региона. Значение индекса экологичности и качества по каждому показателю, полученное по соответствующей методике, лежит в диапазоне от 0 до 1. Оптимальному значению показателя соответствует 1, худшему значению показателя – 0.

На 5-м этапе вычисляется комплексная оценка рассматриваемой технологии на основе результатов мониторинга, полученных на 3-м этапе. Оценка осуществляется по среднестатистическим значениям. На данном этапе для каждого показателя определяется (аналитически или графически – по гистограмме) значение его индекса IE или IQ . На каждом элементарном уровне вычисляется средневзвешенное значение комплексной оценки, для чего суммируются произведения значения индекса IE (IQ) на весовой коэффициент показателя (kP):

$$IEQ_j = \sum IE_{iE} \cdot kP_{iE} + \sum IQ_{iQ} \cdot kP_{iQ}.$$

Для каждого уровня, состоящего из подуровней, вычисляется средневзвешенное значение

$$IEQ_L = \sum IEQ_j \cdot kL_j.$$

Таким образом, формируются комплексные оценки объектов, входящих в модель окружающей среды региона. Значение комплексной оценки технологии равно сумме произведений значения комплексной оценки объекта и его весового коэффициента

$$IEQ = \sum IEQ_{L,j} \cdot kL_{L,j}.$$

На 6-м этапе вычисляются отклонения от комплексной оценки (IEQ) на основе средних отклонений по каждому показателю. На всех уровнях вычисляются индексы IEQ . Абсолютная величина разности данной комплексной оценки и комплексной оценки, полученной на 5-м этапе, дает требуемое отклонение. Данная величина характеризует точность вычисления оценки.

2. ПОСТРОЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ОТ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ

Для построения зависимости необходимо подготовить следующие данные для каждого показателя:

- оптимальное значение показателя ($P_{\text{опт}}$), т.е. значение показателя, которое желательно достичь при применении рассматриваемой технологии;
- интервал точности (погрешности) оптимального значения, т.е. левую ($P_{\text{опт}} - \delta_{\text{л}}$) и правую границу ($P_{\text{опт}} + \delta_{\text{п}}$) значений, в пределах которых значение считается совпадающим с оптимальным значением. Для показателей, оптимальные значения которых получены по результатам мониторинга, интервал задается стандартным отклонением от среднего значения (σ);
- значения, регламентируемые требованиями нормативных документов, в том числе нормативами установленного предельно допустимого содержания загрязняющих и токсических веществ, способных оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду и человека (ПДК); классы опасности (токсичности) и соответствующие им значения показателя;
- интервал рассматриваемых значений показателя – $[a; b]$.

Ниже приведен алгоритм построения зависимости IE (IQ) от значения показателя.

1. Разбить интервал рассматриваемых значений показателя $[a; b]$ на диапазоны падения качества. Данную задачу легче решать графически. Для этого: отметим на оси а) интервал рассматриваемых значений; б) оптимальное значение, в) интервал точности (погрешности) оптимального значения; г) значений, регламентируемых требованиями нормативных документов.

Таким образом, мы получаем базовое разбиение интервала. Записав значения, полученных на оси точек сле-

ва направо (по возрастанию) получаем аналитическое выражение для разбиения интервала на диапазоны падения качества. В результате получаем последовательность значений $a=D_0 < D_1 < D_2 < \dots < D_n = b$, где D_{i-1} , D_i – левая и правая границы i -го диапазона. Тогда $(D_i - D_{i-1})$ – длина диапазона.

2. Разбить некоторые из полученных диапазонов на поддиапазоны. Это действие позволит построить зависимость $IE(IQ)$, более точно отражающую изменение экологичности (качества) технологии.

3. Каждому из полученных диапазонов присвоить коэффициент падения качества ($KPK_i > 0$), характеризующий уровень падения качества в диапазоне значений показателя.

4. Для построения функции нормирования значения показателя по качеству вычисляем коэффициент нормирования интервала рассматриваемых значений показателя kN_{int}

$$kN_{int} = \sum KPK_i \cdot (D_i - D_{i-1}). \quad (3)$$

5. Для каждой границы диапазона вычислить нормированное значение индекса по следующему правилу. Оптимальному значению показателя (P_{opt}) соответствует 1:

$$IE_{opt} = 1 \quad (IQ_{opt} = 1). \quad (4)$$

Если оптимальное значение находится левее диапазона, т.е. $P_{opt} \leq D_{i-1}$, то значение на правой границе диапазона вычисляется следующим образом:

$$IE_i = IE_{i-1} - \frac{KPK_i \cdot (D_i - D_{i-1})}{kN_{int}}. \quad (5)$$

Если оптимальное значение находится правее диапазона, т.е. $P_{opt} \geq D_i$, то значение на левой границе диапазона находится по формуле

$$IE_{i-1} = IE_i - \frac{KPK_i \cdot (D_i - D_{i-1})}{kN_{int}}. \quad (6)$$

По результатам расчета строится зависимость экологичности и качества технологии от значения показателя.

Применение данной методики позволяет комплексно оценить влияние различных технологий в судостроении на окружающую среду региона.

3. ПРИМЕР КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ IEQ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ, СКЛАДИРУЕМЫХ НА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЯХ К ПОРТАМ

В настоящее время в России существует немало динамично развивающихся портов. Это такие порты как,

например, порт Оля на Каспийском море, Усть-Луга (Ленинградская область), Калининград на Балтике и др. Развитие этих портов имеет огромное значение для внешней торговли государства. Поэтому обеспечение свободного доступа грузов к портам, их соединение с федеральной сетью железных дорог крайне необходимо. Учитывая то, что большинство портов находится около больших мегаполисов, возникает угроза экологической обстановки в связи с заменой отработанных деревянных шпал при реконструкции железнодорожного полотна.

Каждый год на подъездных путях к портам России ремонтируются сотни километров железных дорог, при этом заменяется огромное количество деревянных шпал.

В настоящее время вдоль подъездных путей к портам можно повсеместно наблюдать склады отработанных деревянных шпал (ОДШ), которые уже отслужили положенное им время и были заменены.

Объектами исследований были выбраны несколько технологий: 1) складирование; 2) утилизация в шпалобетон; 3) утилизация в могильники 6×6×3 м; 4) утилизация в могильники 12×12×3 м.

Нами были проанализированы и определены факторы, воздействующие на окружающую среду, при использовании этих технологий. В соответствии с проведенным анализом была составлена структурно-аналитическая модель, отображающая воздействие технологий утилизации на геоэкологическую обстановку с учетом качества.

Модель технологии утилизации отработанных деревянных шпал:

Уровень 1. «Экологические показатели»:

- 1.1 Содержание фенолов в водных вытяжках;
 - 1.2 Содержание нефтепродуктов в водных вытяжках
- Уровень 2. «Эксплуатационные показатели»:*

- 2.1 Содержание шпал в 1 м²;
- 2.2 Площадь земель на 1000 шт.;
- 2.3 Расход бетона на 1000 шт.

Для каждого показателя были определены интервал значений, количество и границы диапазонов, коэффициенты падения качества (КПК) для каждого диапазона (табл. 1).

На основании приведенных данных были выполнены расчеты и построены зависимости экологичности (качества) технологии для каждого показателя. На рис. 4–5 приведены примеры построения зависимостей с отображением значений индекса $IE(IQ)$.

По полученным значениям были определены средне-взвешенные оценки по каждому уровню, на основе которых потом вычислялась комплексная оценка. В табл. 2 и на рис. 6 представлены результаты расчетов.

Из приведенных данных видно, что индекс экологичности и качества для технологии «складирование» составил $IEQ = 0,249$; для технологии «утилизация в шпалобетон» – $0,249$.

Таблица 1

Исходные данные для построения зависимостей $IE(IQ)$

Свойство	Оптимальное значение	Нач. знач. интервала	К-во диапазонов	Диапазон 1		Диапазон 2		Диапазон 3	
				КПК_1	Левая граница	КПК_2	Левая граница	КПК_3	Левая граница
1.1. Сод. фенола в вод. вытяжках	0,000	0,000	8	0,01	0,080	0,1	0,160	1	0,320
1.2. Сод. нефтепродуктов в выг.	0,000	0,000	8	0,01	5,500	0,1	11,000	1	22,000
2.1. Содержание ШПАЛ в 1 куб. м	8,065	0,000	8	6	0,807	5	2,240	4	4,033
2.2. Площадь земель на 1000 шт.	0,000	0,000	8	0,01	70,000	0,1	210,000	1	350,000
2.3. Расход бетона куб. м на 1000	0,000	0,000	8	0,01	135,000	1,1	405,000	2	675,000

Свойство	Диапазон 4		Диапазон 5		Диапазон 6		Диапазон 7		Диапазон 8	
	КПК_4	Левая граница	КПК_5	Левая граница	КПК_6	Левая граница	КПК_7	Левая граница	КПК_8	Левая граница
1.1. Сод. фенола в вод. вытяжках	2	0,560	3	0,080	4	1,120	5	1,440	6	1,600
1.2. Сод. нефтепродуктов в выг.	2	38,500	3	55,000	4	77,000	5	99,000	6	110,000
2.1. Содержание ШПАЛ в 1 куб. м	2	5,242	2	6,452	1	7,259	0,1	7,662	0,01	8,065
2.2. Площадь земель на 1000 шт.	2	455,000	3	560,000	4	630,000	5	665,000	6	700,000
2.3. Расход бетона куб. м на 1000	3	877,500	4	1080,000	5	1215,000	6	1282,500	7	1350,000

Таблица 2

Результаты расчета IEQ для технологий утилизации ОДШ

Свойство	Весовой коэффициент	ШПАЛЫ	ШПАЛОБЕТОН	МОГИЛЬНИК 1 (6×6×3)	МОГИЛЬНИК 2 (12×12×3)
Утилизация шпал					
Индекс IEQ			0,249	0,907	0,992
1. Экологические показатели	0,600				
Средневзвешенное по Экология	1,000		0,189	1,000	1,000
1.1. Сод. фенолов в вод. вытяжках	0,500	1,290	0,328	0,000	1,000
1.2. Сод. нефтепродуктов в выг.	0,500	107,000	0,050	0,000	1,000
2. Эксплуатационные показатели	0,400				
Средневзвешенное по Эксплуатация	1,000		0,339	0,767	0,988
2.1. Содержание ШПАЛ в 1 куб. м	0,200	8,065	1,000	1,500	0,316
2.2. Площадь земель на 1000 шт.	0,700	687,500	0,056	0,000	1,000
2.3. Расход бетона куб. м на 1000	0,100	0,000	1,000	1331,729	0,034
				56,048	1,000
					40,052
					1,000

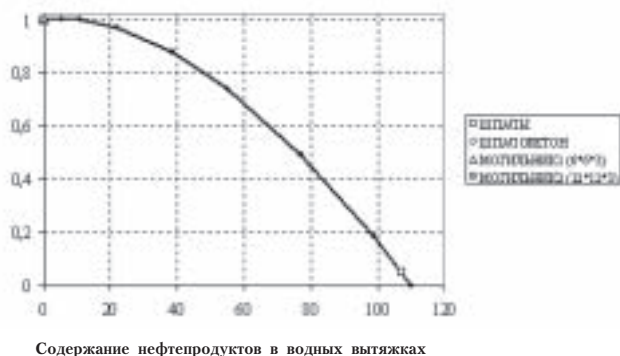


Рис. 4. Зависимость от показателя «1.2. Содержание нефтепродуктов» по уровню «экологические показатели»

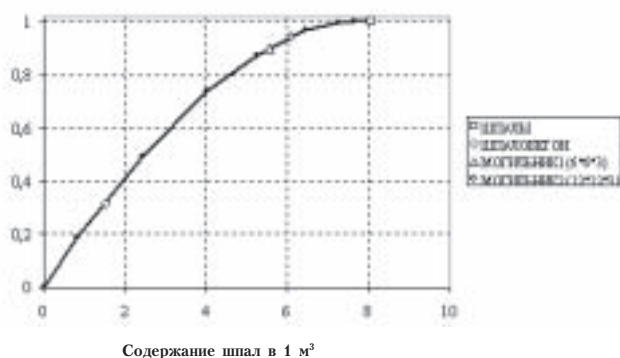


Рис. 5. Зависимость от показателя «2.1. Содержание шпал в 1 м³» по уровню «эксплуатационные показатели»

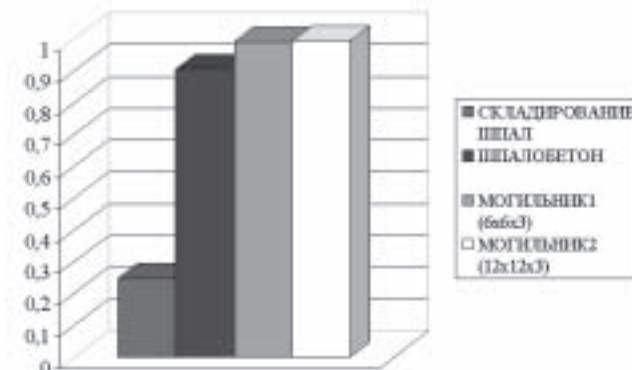


Рис. 6. Значения IEQ для технологий утилизации ОДШ

бетон» – $IEQ = 0,907$; для технологии «утилизация в могильники 6×6×3 м – $IEQ = 0,992$; для технологии утилизация в могильники 12×12×3 м – $IEQ = 0,995$. Это позволяет сделать вывод, что утилизация отработанных деревянных шпал в материал имеет преимущества перед складированием, при этом использование могильников эффективнее.

ВЫВОДЫ

Представленная методология построения структурно-аналитической модели влияния исследуемой технологии на геоэкологическую обстановку, позволяет получить ее комплексную оценку, которая вместе с оценкой качества создаваемой технологии формирует новый показатель, названный индексом экологичности и качества IEQ . ■

Ашот Аракелович Саркисов родился 30 января 1924 г. в Ташкенте. В 1931 г. поступил в среднюю школу и в 1941 году окончил ее с Золотой медалью. Уже в школе он стал углубленно изучать математику. С 9-го класса посещал математический кружок при Ташкентском государственном университете. Как вспоминал он позднее, большую роль в его образовании и пробуждении интереса к творчеству сыграли такие преподаватели, как выдающийся специалист в области математической статистики профессор В.И. Романовский, известный алгебраист А.П. Доморяд, учитель физики В.С. Вонсовский (ученик профессора Н.Е. Жуковского и отец академика С.В. Вонсовского, многие годы возглавлявшего Уральский научный центр АН СССР). «Увлеченность точными науками, помноженная на сильные патриотические чувства и юношеский романтизм, а также, как это нередко бывает, случай (брошюры и проспекты о ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского, привезенные одним из его школьных товарищей из Ленинграда – И.К.) объясняют, по-видимому, выбор моего пути после окончания школы».

В 1941 г. А.А. Саркисов поступил в Высшее военно-морское инженерное училище им. Ф.Э. Дзержинского. 31 октября 1941 г. приказом начальника училища ему было присвоено воинское звание «старшина 1 статьи», и 2 ноября 1941 г. из пос. Правдинск (Горьковской, ныне Нижегородской, области, недалеко от Балахнинского бумажного комбината, где тогда размещалось училище) он был в числе других курсантов, прошедших двухмесячную войсковую подготовку, откомандирован в распоряжение Военного совета Приволжского военного округа, а оттуда направлен к месту формирования 85-й отдельной морской стрелковой бригады в Похвистневский район Куйбышевской, ныне Самарской, области.

Всю Великую Отечественную войну он воевал на Карельском фронте: 1941–1942 гг. – старшина 2-й стрелковой роты 1-го отдельного стрелкового батальона 85-й ОМСБр, командир отделения взвода автоматчиков того же батальона; май–июнь 1941 г. – нештатный офицер связи того же батальона; июль–декабрь 1942 г. – старшина 202-й штрафной роты 26-й армии; 1943 г. – курсы младших лейтенантов (г. Беломорск); в резерве командующего 26-й армии; 1944 г. – командир взвода 1-й минометной роты 26-го стрелкового полка 83-й стрелковой дивизии 31-го стрелкового корпуса 26-й армии; 1944–1945 гг. – командир 1-й минометной роты того же полка. В конце апреля 1945 г. с должности заместителя начальника штаба 26-го стрелкового полка старший лейтенант А.А. Саркисов по приказу коман-

ГЛАВНОЕ ДЕЛО ЖИЗНИ

*И.М. Кузинец, д-р истор. наук, проф., капитан 1 ранга в отставке,
Военно-морской инженерный институт*



дующего армией был откомандирован в Ленинград для продолжения учебы в родном училище.

«Если бы меня спросили, – вспоминает Ашот Аракелович, – какое главное впечатление я вынес от четырехлетнего пребывания на фронте, я бы ответил без каких-либо колебаний: «Это прежде всего тяжелый труд». При этом боевые эпизоды, связанные с риском для самой жизни, уходят как бы на второй план». За мужество и героизм в годы войны Ашот Аракелович Саркисов был награжден орденом «Красной Звезды» в 1943 г., орденом Отечественной войны II степени в 1944 г. и рядом медалей.

С 1945 по 1950 г. А.А. Саркисов – слушатель ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского. Закончил он училище с Золотой медалью и занесением на мраморную Доску почета в звании капитан-лейтенанта. Параллельно с учебой в училище Ашот Аракелович в 1950 г. экстерном завершил обучение на механико-математическом факультете Ленинградского государственного университета.

С 1950 по 1953 г. А.А. Саркисов служил на кораблях Краснознаменного Балтийского флота в должности флагманского инженера-механика бригады (дивизии) торпедных катеров.

Начиная с 1953 г. вся жизнь Ашота Аракеловича Саркисова связана с активной научно-педагогической деятельностью. В 1953–1956 гг. он – адъюнкт в родном училище. Досрочно завершив и успешно защитив кандидатскую диссертацию, А.А. Саркисов в 1956 г. в звании

капитана 2 ранга назначается преподавателем Высшего военно-морского инженерного училища подводного плавания (г. Севастополь).

С 1959 г. Ашот Аракелович Саркисов – начальник первой в системе военно-учебных заведений страны кафедры ядерных реакторов и парогенераторов подводных лодок в ВВМИУПП. В этот период он большое внимание уделял совершенствованию учебного процесса, развитию лабораторной базы и научно-исследовательской работы, а также подготовке научно-педагогических кадров. Его плодотворная деятельность на посту начальника кафедры была отмечена награждением орденом «Знак почета». В 1968 г. А.А. Саркисов стал доктором технических наук, а в 1969 г. ему присвоили ученое звание профессора.

С 1971 г. А.А. Саркисов – заместитель начальника Севастопольского ВВМИУ (так стало называться ВВМИУПП с 1964 г. – И.К.) по учебной и научной работе, а с 30 ноября 1971 г. по февраль 1984 г. – начальник СевВВМИУ.

Во многом благодаря именно ему училище за короткий период превратилось в современное высшее учебное заведение, имеющее все для качественной подготовки высококвалифицированных офицеров-инженеров для отечественного атомного подводного флота.

Главную задачу для себя в эти годы А.А. Саркисов сформулировал так: «Правильно определить в стратегическом плане». В училище, готовящем будущих военных инженеров для атомного флота, он строит настоящий реактор для подготовки специалистов и проведения научно-исследовательской работы. По тем временам это была неслыханная дерзость, ибо по всей стране их было всего несколько единиц. Даже в знаменитом МИФИ не было своего собственного реактора. Долго пришлось доказывать необходимость подобной капитальной работы главнокомандующему ВМФ, министрам среднего машиностроения и здравоохранения. Убедил. «Сегодня, – честно признается А.А. Саркисов, – я бы сам сказал: «Это невозможно», но тогда хотелось сделать все по максимуму». Ибо был уверен в необходимости этого, чтобы догнать США, которые значительно раньше нас достигли научно-технического уровня, позволявшего им обеспечить необходимые тактико-технические показатели атомных

субмарин. Позже нам удалось достичь паритета по атомоходам – носителям стратегического оружия. Велика в этом роль научных разработок А.А. Саркисова и руководимых им научных коллективов. Реактор в училище был построен всего за пять лет.

С помощью коллектива единомышленников-энтузиастов Ашот Аракелович смог превратить СевВВМИУ в передовое учебное заведение страны с сильным профессорско-преподавательским составом и уникальной материально-технической базой, в том числе с исследовательским реактором ИР-100 с натурным бортовым комплексом Ядерной энергетической установки атомной подводной лодки второго поколения, полномасштабные тренажеры, исследовательские тепло-гидравлические стенды, мощный вычислительный центр.

Традиционными стали дальние походы курсантов на боевых и учебных кораблях. Курсанты, офицеры и мичманы побывали в ПНР, ГДР, Турции, Греции и других странах. Регулярно проводились и дальние шлюпочные походы, а начиная с 1974 г. и международные 1000-мильные шлюпочные походы по маршруту Севастополь–Варна (Болгария)–Севастополь.

В 70-е гг. в связи с научно-технической революцией в военном деле под руководством А.А. Саркисова были пересмотрены и откорректированы учебные программы и планы, разработаны оптимальные задания для курсантов, в больших масштабах внедрялись технические средства в практику обучения и воспитания, позволившие значительно повысить эффективность каждого занятия.

Учебный процесс и самостоятельная подготовка курсантов строились таким образом, чтобы обеспечить постепенное и непрерывное освоение методов решения конкретных инженерных задач с помощью электронно-вычислительной техники. За большие заслуги в деле подготовки высококвалифицированных кадров для ВМФ А.А. Саркисов в числе группы офицеров училища в 1975 г. был награжден орденом «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР» 3-й степени. Всего же он – кавалер восьми орденов. В их числе, помимо уже названных: два ордена Отечественной войны I степени, два ордена «Красной Звезды», орден «Почета».

В 1976 г. училище посетил президент АН СССР, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР академик Анатолий Петрович Александров. Он участвовал в церемонии открытия мемориального памятного знака в честь советских ученых, моряков-черноморцев и питомцев ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского, решивших в годы Великой Отечественной войны под руководством А.П. Александрова важней-

шую проблему размагничивания кораблей. В Книге почетных посетителей он записал: «Уровень оснащенности лабораторий на меня произвел отличное впечатление... Деятельность училища, как мне представляется, заслуживает самой высокой оценки, как вся созданная в нем обстановка». Высокая оценка. Оценка не дилетанта. Ученого-практика с мировым именем.

В 1972 г. А.А. Саркисову было присвоено воинское звание контр-адмирал-инженер, а в 1978 г. – вице-адмирал-инженер.

В 1981 г. Ашот Аракелович Саркисов – крупный ученый, опытный организатор и педагог, доктор технических наук, профессор, вице-адмирал-инженер, хорошо известный в научных кругах и на флоте как автор серьезных исследований и учебников, имеющих большую практическую ценность, был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по специальности «Энергетика» (в том числе, ядерная энергетика).

Много усилий А.А. Саркисов и руководимый им коллектив училища прилагали для того, чтобы курсанты имели все необходимое для плодотворной учебы и службы, для активного отдыха и культурного досуга, за что получил от командования ВМФ высокую оценку.

В 1984 г. Ашот Аракелович Саркисов был переведен на руководящую работу в центральные органы ВМФ; в 1983–1985 гг. он – заместитель начальника Военно-морской академии им. А.А. Гречко по научной работе; в 1985–1989 гг. – председатель Научно-технического комитета ВМФ СССР.

В 1989 г. А.А. Саркисов был уволен в запас, но до настоящего времени активно занимается научно-организационной работой.

Уже более трех десятилетий Ашот Аракелович Саркисов возглавляет созданную им научную школу по динамике и безопасности судовых ядерных и энергетических установок. Ему принадлежат более 200 научных трудов и 17 изобретений, он – автор многих монографий и учебников, известных широкому кругу специалистов, в том числе первого в стране учебника (в соавторстве с В.С. Алешиним) «Ядерные энергетические реакторы» (1961 г.), и др. К 300-летию Российского флота коллективом авторов под его руководством была подготовлена и издана в издательстве «Наука» книга «Российская наука – Военно-Морскому Флоту» (1997 г.). Им подготовлено девять докторов наук и свыше 40 кандидатов наук. Его ученики в настоящее время плодотворно трудятся в учебных заведениях и научных учреждениях Российской Федерации и Украины.

Являясь членом президиума Российской академии наук (РАН), Ашот Аракелович Саркисов возглавляет в

стране научно-преподавательские работы по ядерной безопасности в стране. Он – член экспертно-консультативного совета по проблемам национальной безопасности председателя Государственной Думы Российской Федерации, член бюро Отделения физико-технических проблем энергетики РАН, заместитель председателя Научного совета по атомной энергетике ОФТПЭ РАН, советник дирекции Института проблем безопасного развития атомной энергии РАН. С 1995 г. – А.А. Саркисов – председатель Международной комиссии с российской стороны по проблемам утилизации атомных подводных лодок. Он – член редколлегий ряда академических журналов.

В 1994 г. за выдающийся вклад в отечественную науку Российская академия наук избрала Ашота Аракеловича Саркисова своим действительным членом.

В 1999 г. А.А. Саркисов назначает председателем экспертного совета крупной Международной научно-технической программы по проблемам обращения с радиоактивными отходами (АТРП).

За плечами выдающегося ученого – большая жизнь. Уже более полувека из 80 прожитых им лет отдано развитию отечественной науки и укреплению могущества Российского флота. Но и сегодня ветеран в строю. Главное дело его жизни придает ему новые силы. Академик Саркисов по-прежнему полон творческих задумок и планов. «Семь футов Вам под килем», – не устают повторять Ашоту Аракеловичу его многочисленные ученики и соратники.

При участии Ашота Аракеловича Саркисова подготовлено более 11 тыс. высококвалифицированных офицеров-инженеров для отечественного атомного подводного флота. Среди них – Герои Советского Союза и Герои России, лауреаты Государственных премий СССР и Российской Федерации. Тысячи его учеников награждены государственными наградами. Более двух десятков выпускников Севастопольского высшего военно-морского инженерного училища удостоены адмиральских званий, многие из них занимают важные государственные посты. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Кто есть кто в России, 1997.
2. Кузинец И.М. Адмиралтейская академия. – М., 1998.
3. Солдаты XX века. – 2001. – Т.2,
4. Кузинец И.М. История российского высшего военно-морского инженерного образования в лицах. Краткие очерки о руководителях Военно-морского инженерного института. – СПб., Мор Вест, 2004. ■

Говорить о личности Евгения Васильевича Товстых – значит говорить о великой эпохе в создании флота страны, когда реализовывались основные судостроительные программы, о большом и важном периоде работы нашего вуза, когда были выпущены десятки тысяч творцов – исполнителей этих программ. И об особом стиле работы с людьми – результативном и одновременно демократичном и гуманном. Справедливо говорили о нем уважаемые профессора нашего вуза: «Евгений Васильевич не был крупным ученым в какой-либо узкой области, не был доктором наук, но он был академиком человеческих душ и взаимоотношений, корифеем в решении поставленных жизнью задач».

«Евгений Васильевич – образец прекрасного человека. Он прожил жизнь плодотворную и оставил добрую память у многих людей. Те, кто давно работает в институте, помнят ту ауру, которая была в стенах нашего вуза. Главным было огромное уважение ко всем членам нашего коллектива».

Евгений Васильевич родился 29 апреля 1905 г. в селе Рышкановка Белецкого уезда Бессарабской губернии, в семье, где было семеро детей. Отец и дед работали на почте, другой дед работал литейщиком на судостроительном заводе в Николаеве.

С 15 лет Евгений работал рассыльным, а в 18 освоил профессию телеграфиста. Срочную военную службу проходил в частях Особого назначения (ЧОН). В 1926 г. поступил на рабфак, в 1929 г. стал студентом Николаевского кораблестроительного института, который успешно окончил в 1933 г. 3 октября того же года приступил к работе на Балтийском заводе в Ленинграде в должности помощника сборочного мастера корпусного цеха. После необходимых ступеней служебной и профессиональной лестницы 19 октября 1937 г. его назначают начальником цеха, а 21 октября 1939 г. – директором Балтийского завода.

Значительным этапом в профессиональном росте Евгения Васильевича было пришедшееся на 1936–1937 гг. полугодовая стажировка в Генуе (Италия) на заводе судостроительной фирмы «Ансальдо». Италия в научном и техническом отношении не была передовой страной, но в области кораблестроения там было чему поучиться. Итальянские военные корабли того периода были самыми быстроходными в мире, и достигалось это в первую

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Е.В. ТОВСТЫХ

К.П. Борисенко, проф., ректор СПбГМТУ,
В.Б. Образцов, директор музея СПбГМТУ



Выпускник Николаевского Кораблестроительного института Е. В. Товстых, 1933 г.

очередь за счет правильного выбора обводов корпуса. Проектирование итальянские инженеры начинали с рисунка корабля. Если получилось красиво – значит правильно, ибо в природе все рациональное – красиво. На заводах фирмы «Ансальдо» спуск крейсеров проводился при готовности 75 %, у нас в стране – 30–40%; еще в ходу была клепка корпусов. У итальянцев уже был накоплен опыт строительства сварных корпусов. Ряд наших стажеров итальянцы приняли – это было продиктовано политическими соображениями, но секретами делились скупой. Тем не менее фирма «Ансальдо» по советским заказам строила лидер «Ташкент», поставила комплект энергетической установки и вспомогательных механизмов для крейсера «Киров». Кроме того, итальянские специалисты оказывали техническую помощь советским заводам в организации стапельных работ, изготовлении

котлов и турбин. Разумеется, в выходе на такие соглашения – в большой степени результат работы наших специалистов, непосредственно работавших на фирме «Ансальдо».

На посту директора завода Е.В. Товстых возглавил работы по выполнению серьезных кораблестроительных программ. В 1938–1942 гг. предусматривались строительство подводных лодок, эсминцев, ледоколов «Сталин» и «Молотов», крейсеров «Киров» и «Максим Горький», закладка двух линкоров типа «Советский Союз» и нескольких тяжелых крейсеров. Завод строил новый стапель и удлинял старые, осваивал сварку корпусных конструкций.

Во время войны с Финляндией завод полностью восстановил линкор «Октябрьская революция», за что был награжден орденом Ленина. Почетную награду из рук М.И. Калинина на торжественном заседании актива завода принимал Е.В. Товстых.

17 октября 1941 г. он был отозван в распоряжение наркомата, где получил назначение на должность директора завода № 340 в г. Зеленодольск, который развивался на основе построенного еще в 1932 г. речного завода «Красный металлист». В 1941 г. он укрупнился за счет прибытия из Киева завода «Ленинская кузница». Здесь выполнялись заказы фронта; был увеличен выпуск бронекатеров, налажено производство аэросаней и многих видов боеприпасов. В 1942 г. за успешное выполнение заданий правительства Е.В. Товстых был удостоен ордена «Красной Звезды».

О важной стороне работы и личности Евгения Васильевича упоминает Б.Е. Гольман, парторг ЦК завода им. М. Горького (№ 340) в 1941–1945 гг.: «Я работал с ним бок о бок пять лет, и, вспоминая сегодня Евгения Васильевича, хочу сказать, что это был Человек с большой буквы. Работе на нашем заводе в то время сопутствовали невероятные трудности. Все удавалось преодолеть благодаря особым каче-



Директор Балтийского завода Е. В. Товстых принимает из рук М. И. Калинина орден Ленина, 1939 г.

ствам Евгения Васильевича. Завод разросся за годы войны в три раза, были построены новые цеха. У нас прекрасный Дворец культуры, Театр юного зрителя. Он никогда не повышал голоса, никогда не обижал людей, всегда старался им помочь, особенно любил людей инициативных. Умел строить отношения с руководящими работниками и организациями. Постоянно поддерживал связь с научными кругами, с наукой. Видимо, это и сыграло роль в том, что Е. В. Товстых был приглашен впоследствии на пост директора ЛКИ».

В силу различных причин ЛКИ оказался к весне 1945 г. в прорыве, реэвакуация и начало учебного года 1 сентября оказались под угрозой срыва. Городские директивные органы и Наркомат отказывали в поддержке недостаточно авторитетному в их глазах директору Л.С. Окорскому, т.е. фактически институту. К маю застопорился ремонт учебных зданий и общежитий, не поступали стройматериалы. Были трудности с пропиской, поселением и обеспечением продовольственными карточками студентов и сотрудников, вернувшихся из эвакуации.

В начале июня на Коллегии Наркомата был принят план восстановления ЛКИ. 7 июня директором института назначили Е.В. Товстых. В кратчайший срок Евгений Васильевич наладил связи с заводом им. Марти (Адмиралтейским) и с Балтийским, которые присылали стройматериалы и бригады ремонтных рабочих. На ленинградских заводах не было оконного стекла – оно нашлось на складах в Таллине, а во вновь сформированном министерстве коммунального хозяйства Эстонии – люди, лично знавшие Евгения Васильевича,

изъявили готовность помочь.

1 сентября 1945 г. на всех факультетах института приступили к занятиям 1255 студентов, в том числе 196 человек, демобилизованных по окончании войны из рядов армии и флота.

Начался процесс развития ЛКИ: оснащение лабораторий, создание по-настоящему высококвалифицированного преподавательского корпуса. Из эвакуации возвращались такие специалисты как Д.П. Скобов, В.П. Вологдин, В.К. Васильев, П.И. Титов, Б.М. Малинин, Л.М. Ногид, Г.А. Гасанов, С.М. Турунов, Л.А. Маслов, Л.Л. Мясников, В.Ф. Попов, И.Б. Иконников. Восстанавливалась аспирантура, учреждалась докторантура.

В мае 1946 г. ЛКИ был передан в ведение Министерства высшего об-

разования СССР. Однако в небольшой степени благодаря авторитету Е.В. Товстых Минсудпром продолжал оказывать институту техническую помощь. Институт же выполнял многочисленные научные исследования по заданиям судостроительной промышленности.

Как в Минвузе, так и в Минсудпроме Евгений Васильевич умел отстаивать интересы института. Пользовался он авторитетом в районных и городских вышестоящих организациях; многие годы был депутатом Ленгорсовета.

Осенью 1947 г. по инициативе и при поддержке Е.В. Товстых возобновило работу Студенческое научное общество. О том, какое значение директор ЛКИ уделял работе СНО, можно судить хотя бы по тем фактам, что его председателем был назначен профессор В.К. Васильев. Первыми докладчиками были студенты, имена которых теперь известны всем: А.Н. Холодилин, В.С. Дорин, А.И. Вознесенский (впоследствии директор ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова).

В 1957 г. в рамках СНО было создано конструкторское бюро «Океан».

Активно работали Студенческие строительные отряды ЛКИ в период «третьего трудового семестра». По результатам работы 50 бойцов ССО были награждены медалями «За освожденные целинных земель».

В этот же период ЛКИ организовывал филиалы в других городах страны: в 1959 г. – в Северодвинске и Каспийске, выросшие впоследствии в самостоятельные вузы – Севмашвуз и Дагестанский политехнический институт.

За успехи в подготовке высококвалифицированных кадров для судостроения и в развитии научных исследова-



Е. В. Товстых

ний 7 января 1967 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР ЛКИ был награжден орденом Ленина. В своей поздравительной речи министр В.П. Елютин говорил о том, что коллектив ЛКИ во главе с Е.В. Товстых сумел найти правильный курс, что позволило кораблестроителям нашей страны выйти на передовые позиции в мире.

Планируя постепенно расширять объем научной работы, опираясь на поддержку промышленности, Евгений Васильевич организовал строительство новых зданий для ЛКИ на Лоцманской улице и в Ульянке, спортивных водных комплексов – яхт-клуба и гребной базы на Крестовском острове, экспериментальной базы в Приморске.

Значительное внимание уделял он международным связям института, правильно оценивая возможности международного обмена опытом. В конце 50-х – начале 60-х гг. XX в. были заключены долгосрочные договоры о сотрудничестве с вузами ГДР, Польши и Болгарии. Многие преподаватели института прошли научно-педагогическую стажировку в вузах США, Англии, Швеции, Нидерландов, Италии. Командировались преподаватели и для работы в развивающихся странах – Алжире, Вьетнаме, Индии.

Евгений Васильевич Товстых проработал на посту директора, потом ректора института более 30 лет. За эти годы институт выпустил 24 тыс. инженеров, более тысячи специалистов защитили кандидатские диссертации, более ста – докторские. Именно они выполняли три грандиозные кораблестроительные программы, обеспечившие к 1980 г. достижение паритета с США.

Огромное хозяйство института, разнообразие запросов и противоречивость интересов специалистов и подразделений требовали от ректора умения быстро, решительно и правильно выбрать направление действий. Это редкий талант, и Евгений Васильевич обладал им. Он смело выдвигал на ответственные посты молодых специалистов, в то же время бережно и чутко относился к старшему поколению профессоров и доцентов.

Во время ректорства Е.В. Товстых несколько раз кардинально менялась система образования. Сверху спускались категорические указания по радикальной перестройке высшей школы. Тем не менее Евгений Васильевич выполнял эти инструкции с присущей ему мудростью, умело предугадывая последствия. Он всегда помнил тезис К.П. Боклевского: «Следует отнестись с особой осторожностью и бережливостью к тому, что уже дало положительные результаты» и высказывание А.И. Герцена:

«Не мудрено голову срубить, а мудрено приставить».

За свою плодотворную деятельность Е.В. Товстых был награжден восемью орденами: «Красной Звезды» (1942 г.), дважды «Знаком Почета» (1949 и 1957 гг.), орденом Ленина (1961 г.), Трудового Красного Знамени (1969 г.), болгарским орденом Кирилла и Мефодия 1-й степени (1969 г.), «Октябрьской революции» (1971 г.), «Дружбы народов» (1975 г.) и восьмью медалями.

Удостоен звания Почетного доктора Политехники Гданьской (1965 г.), Ростокского университета (1968 г.), звания заслуженного деятеля науки Дагестанской АССР (1969 г.), Почетной грамоты Верховного Совета РСФСР (1968 г.), Президиума Вер-

ховного Совета Дагестанской АССР (1965 г.).

После ухода с поста ректора ЛКИ Евгений Васильевич стал профессором-консультантом кафедры «технологии судостроения», а также руководителем комиссии по изучению истории ЛКИ.

Исключительная доброжелательность и личное обаяние Евгения Васильевича пробуждали ответное чувство у всех, кто с ним работал. Его кончина была общим горем. Сотни людей пришли проститься с ним и произносили искренние, от сердца идущие, проникновенные слова.

В увековечение памяти Е.В. Товстых приказом министра морского флота СССР контейнеровозу типа «Меркур-П», построенному в 1985 г., присвоено имя «Профессор Товстых».



Спуск контейнеровоза «Профессор Товстых», 1985 г.

26 июля 2005 г. в Санкт-Петербурге на Никольском кладбище Троицкой Александро-Невской лавры через 75 лет после смерти был перезахоронен последний морской министр императорской России адмирал Иван Константинович Григорович. Именно он восстанавливал Российский флот после его гибели в русско-японской войне 1904-1905 гг.

1917 г. принес крутой политический переворот в жизни страны. Недовольство народных масс нарастало. В феврале было образовано Временное правительство, но морской министр И.К. Григорович продолжал оставаться на своем посту и управлять Морским министерством. В первом его приказе нового времени говорилось: «Предлагаю объявить от моего имени командам, что соединенными усилиями Государственной думы, офицеров, воинских команд и народа порядок в России повсеместно восстанавливается. Только в сохранении полнейшего порядка создавшаяся правительственная власть – залог окончательной победы нашей родины...»

Да положат эти великие дни начало счастливой жизни Новой Свободной России. Помните, что каждый лишний день смуты отделяет нас от желанного дня победы, которая обеспечивает в стране возможность мирного, счастливого и свободного труда, устроенного на благо России».

В эти дни И. Григорович потребовал от генерал-лейтенанта С.С. Хабалова, командующего войсками Петроградского военного округа, прекращения сопротивления восставшему народу. 15 (2) марта отрекся от престола Николай II.

После Февральской революции Временным правительством при Министерстве юстиции 15(4) марта 1917 г. была создана «Чрезвычайная следственная комиссия для расследования противозаконных по должности действий бывших министров, главноуправляющих и прочих высших должностных лиц». Председатель – московский присяжный поверенный (адвокат) член партии кадетов Н.К. Муравьев. Начались обыски и аресты членов царского правительства. Пришли и к И.К. Григоровичу, изъяли служебные и личные документы. Иван Константинович лежал с высокой температурой, видимо, это и спасло его от ареста. Впоследствии дело Григоровича было прекращено за недоказанностью обвинений. Вот как описывал этот отрезок жизни И.К. Григоровича «Морской журнал» за март 1930 г., издаваемый кают-компанией морских офицеров в Праге: «...В начале революции генерал-адъютант Гри-

ПОСЛЕДНИЙ МОРСКОЙ МИНИСТР ИМПЕРАТОРСКОЙ РОССИИ

С.П. Сирый, проф., капитан 1-го ранга запаса, председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС, заслуженный работник высшей школы России



Вице-адмирал И.К. Григорович, Париж, 1910г.

горович имел возможность выехать за границу, но не сделал этого, так как считал своим нравственным долгом министра и генерал-адъютанта Государя оставаться в России, пока Его Величество не покинул страны, дабы иметь возможность дать ответ и разъяснения по всем вопросам и обвинениям, которые Временное правительство из всех сил старалось собрать ... и только осталась одна бессмысленная и несправедливая фраза, пущенная во время революции: «Гнилой царский строй пал», а этот царский строй вел русский народ гигантскими шагами прогресса в течение 300 лет по пути культуры и духовного развития».

Во Временном правительстве на министерских постах оказались новые люди. Военным и морским министром был назначен А.И. Гучков. 4 апреля (22 марта) он направил И.К. Григоровичу письмо следующего содержания: «Милостивый государь Иван Кон-

стантинович! Обстоятельства настоящего момента указывают на желательность подачи Вами прошения об отставке, которая будет принята Временным правительством. С совершенным почтением А. Гучков».

Эту просьбу Иван Константинович выполнил, и 31 марта 1917 г. А. Гучков подписал приказ по армии и флоту, где было сказано: «Увольняется от службы член Государственного совета адмирал И.К. Григорович по расстроенному здоровью с мундиром и пенсией».

Так завершилась военная карьера 64-летнего генерал-адъютанта, члена Государственного Совета, кавалера многих российских и иностранных орденов, почетного гражданина отторгнутых от России городов Таллина (Ревеля), Николаева и Севастополя, морского министра адмирала И.К. Григоровича.

За свою многолетнюю службу Иван Константинович был награжден орденами Св. Владимира 4-й степени с бантом и 3-й степени с мечами, Св. Станислава 1-й степени с мечами, Св. Анны 1-й степени, Св. Владимира 2-й степени, Белого орла, Александра Невского с бриллиантами; орденами иностранных держав: Вазы (Швеция), восходящего Солнца (Япония), Командорским крестом Св. Даниила (Дания), Офицерским и Командорским крестами Почетного легиона (Франция), Командорским крестом Олафа (Норвегия), «Двойного дракона» 2-го класса (Китай), Искандера 1-й степени (Бухара), Св. Даниила 1-й степени (Чехословакия), Большим крестом Св. Маврикия и Лазаря (Италия), Спасителя 1-й степени (Греция), Большим командорским крестом (Швеция), Большим крестом Почетного легиона (Франция)*.

После ухода в отставку И.К. Григоровичу пришлось оставить казенную

* Здесь не указаны ордена младших степеней, так как награждение производилось строго последовательно, и награжденный орденом старшей степени обязательно имел все ордена младших степеней.

квартиру в здании Главного Адмиралтейства, где помещалось Морское министерство, и с младшей дочерью Натальей поселиться сначала в гостинице «Астория», а затем съехался с семьей своего зятя, бывшего (последнего) директора Морского корпуса вице-адмирала В.А. Карцова, женатого на его старшей дочери Марии. Они вместе сняли квартиру на Надеждинской улице (ныне ул. Маяковского).

К сожалению, у Ивана Константиновича не было сыновей, и с его смертью закончился род потомственных дворян Григоровичей по мужской линии. Но у него были две дочери: Мария и Наталья.

Старшая дочь Мария Ивановна родилась 22 февраля (по старому стилю) 1885 г. В 23 года она вышла замуж за капитана 2 ранга Виктора Андреевича Карцова, командира эскадренного миноносца «Генерал Кондратенко». В 1914 г. капитан 1 ранга В.А. Карцов был назначен директором Морского корпуса с производством его в контр-адмиралы, а затем в вице-адмиралы. После Февральской революции он остался не у дел и, таким образом, стал последним директором Морского корпуса. Скончался в Архангельске в 1936 г. Мария Ивановна в 1930 г. была осуждена по ст. 58-10 УК РСФСР на 10 лет с отбыванием срока наказания в одном из северных лагерей ГУЛАГа. Но в 1933 г. ее освободили с правом проживания в любом городе СССР. В конечном счете, она вернулась в Архангельск, где в это время был ее муж В. Карцов. В возрасте 78 лет она умерла в Архангельске в 1963 г., где и была похоронена.

Младшая дочь Наталья Ивановна родилась 19 декабря (по ст. ст.) 1901 г. во Франции. 6 февраля 1924 г. она вышла замуж за ленинградского инженера В.Л. Панина, увлеченного яхтсмена. В канун Великой Отечественной войны 6 мая 1941 года в возрасте 50 лет Вадим Львович неожиданно скончался, оставив жену и пятерых детей – Марину, Вадима, Аллу, Киру и Ольду. В течение 10 лет с 1950 по 1960 г. Наталья Ивановна работала библиографом в библиотеке Военно-морской академии. В возрасте 63 г. она умерла 7 октября 1964 г. и похоронена на Северном кладбище Санкт-Петербурга.

С 1918 по 1919 г. И.К. Григорович – научный сотрудник в Морской исторической комиссии по изучению опыта Первой мировой войны на море, а с июня 1919 г. по декабрь 1921 г. – старший архивариус в Морском архиве Республики (ныне РГАВМФ). В те полугодные месяцы 1919 г. жить и работать приходилось в неимоверно трудных условиях: Петроград находил-

ся на осадном положении. Были крайне ограничены возможности передвижения по городу и окрестностям. Сотрудники привлекались к дежурствам и общественным работам, уплотняли жильцов квартир.

Зимой 1920 г. из-за отсутствия дров И.К. Григоровичу пришлось на несколько зимних месяцев переехать к академику А.Н. Крылову на Петроградскую сторону, с которым его связывали близкие отношения еще с тех пор, когда он был морским министром. Об этом периоде А.Н. Крылов писал: *«Зимой 1920/1921 гг. у меня жил И.К. Григорович, ибо у меня были дрова, а у него нет»*. Чтобы не умереть с голоду вместе с семьей Ивану Константиновичу пришлось обратиться к своему старому ремеслу, которым он увлекался, – к живописи. Но в 20-е гг. было не до пейзажей, и Иван Константинович занялся рисованием рекламной продукции – торгов и других сладостей для витрин и коробок кондитерского магазина. В это же время он работал над «Воспоминанием бывшего морского министра», которые закончил в 1922 г. Рукопись этих мемуаров хранится в РГАВМФ. Часть из них была опубликована в 1993 г. издательством «Дева» в Санкт-Петербурге тиражом 5000 экз. и сейчас доработанные переиздаются тиражом 1000 экз. «Можайским полиграфкомбинатом». В этом заслуга д-ра техн. и истор. наук проф. капитана 1 ранга И.Ф. Цветкова.

С 1922 г. начались сложные и долгие хлопоты о разрешении на выезд для лечения за границу. Здоровье Григоровича, уже достаточно расстроенное напряженной работой в Морском министерстве, под влиянием жизненных неурядиц продолжало ухудшаться. Медицинское обследование не принесло утешения – опухоль головного мозга, необходима сложная операция по ее удалению с обязательной трепанацией черепа. В то время в России такую операцию без лекарств не делали. Лечение было возможно только за границей. С громадным трудом разрешение было, наконец, получено. Незадолго до отъезда из Советской России в письме начальнику Морского штаба РККФ А.В. Домбровскому (бывшего в свое время подчиненным Григоровича, который и помог Ивану Константиновичу получить разрешение на выезд) И.К. Григорович писал: *«... Никаких преступлений я за всю свою службу Империи не совершал, был всегда лоялен, и тем паче к Советскому правительству. Никаких связей с белой гвардией не имел...»*.

Осенью 1924 г. И.К. Григорович выехал за границу для лечения. В том же, 1924-м, году его успешно прооперировали, после чего он поселился в

южном французском городке Ментоне департамента «Морские Альпы», и как выяснилось позже, навсегда покинул Родину, хотя и не иммигрировал, а уезжал как гражданин СССР на лечение.

Живя во Франции, Григорович стоял в стороне от общественных эмигрантских кругов, но был небезучастен к судьбе изгнанников, горячо и живо откликался на все волновавшие их события, много читал, внимательно следил за публикациями на морские темы в периодической печати и эмигрантских изданиях.

Талант живописца помог И.К. Григоровичу выжить в эмиграции: ему пришлось продавать свои картины, преимущественно морские пейзажи, чтобы как-то свести концы с концами. Писал он их на набережной Ментона. Его любимое место, с которого открывался прекрасный вид морских далей, был рядом с кладбищем, и иногда он шутил, что готов подниматься сюда хоть тысячу раз, но совсем не хотел бы торопить тот день, когда его понесут отсюда другие.

3 марта 1930 г. в 77-летнем возрасте И.К. Григорович скончался. Его прах был захоронен в том же городке на частном кладбище «Trabuquet» на месте 1963, оплаченном по страховке за 18 000 долл. Анни Джексон, которая сама умерла в июне того же года и похоронена там же. Отпевали И.К. Григоровича в стенах небольшой православной церкви «Всех Скорбящих Радости» города Ментона 6 марта 193 г. *«Во время отпевания на часах стояли: флотад генерал-майор Н.Ф. Фогель, капитан 1 ранга В.И. Дмитриев и еще два офицера. Были делегации от французского флота, от гарнизона, мэра города, адмиралы: Воеводский, Петров, Чернышин, Хоменко, Григоров, Пилкин, капитаны 2 ранга: Пашкевич, Пилкин, вдова адмирала Макарова Капитолина Николаевна, несколько молодых офицеров и вся русская колония. От Всезарубежного Объединения Морских Организаций и кают-компаний в Париже был возложен венок из белых гвоздик и васильков - в виде Андреевского флага; этот флаг опущен в могилу вместе с бронзовой пальмовой ветвью от Почетного легиона»*.

На надгробии И.К. Григоровича имеется надпись на английском языке: *«... Всегда любимая, всегда дорогая, о России, иногда вспомни о нем, кто так много думал о тебе...»*.

13 апреля 1930 г., открывая заседание правления Всезарубежного объединения русских морских организаций и Комитета старшин кают-компаний морских офицеров в Париже, посвященное памяти скончавшегося последнего морского министра

* «Морской журнал», 1930, № 27(3).

И.К. Григоровича, его бывший сослуживец адмирал А.И. Русин выразил уверенность, что в будущей морской истории России имя Григоровича займет почетное место.

Восстановление доброго имени адмирала И.К. Григоровича в морской истории современной России взяло на себя Санкт-Петербургское Морское Собрание во главе с его председателем Н.В. Орловым. Иван Константинович был Почетным членом Санкт-Петербургского и Кронштадтского Морских Собраний, членом Порт-Артурского Морского Собрания, а как морской министр – Почетным членом всех морских собраний Российского флота того времени.

8 февраля 2003 г. по инициативе военно-исторической секции Дома ученых РАН в Николо-Богоявленском соборе по случаю 150-летия со дня рождения И.К. Григоровича отец Владимир отслужил панихиду, на которой присутствовали члены СПб МС, представители руководства ЛенВМБ и Военно-морской академии им. Н.Г. Кузнецова, курсанты высших военно-морских учебных заведений города, внушки адмирала – Ольга Вадимовна Петрова и Кира Вадимовна Панина, а также представители общественных организаций.

14 февраля по инициативе Совета старшин СПб МС и его председателя Н.В. Орлова в ЦВММ состоялась военно-морская историческая конференция, на которой морская общественность города отметила эту юбилейную дату. Перед началом конференции ее участники осмотрели выставку «Последний морской министр Российской империи», подготовленную ЦВММ, РГАВМФ и Центральной военно-морской библиотекой по случаю этой даты. На конференции присутствовали внушки адмирала.

С целью увековечения памяти адмирала И.К. Григоровича участники конференции посчитали целесообразным выйти с ходатайством перед исполнительными и законодательными органами о рассмотрении возможности присвоения одному из боевых кораблей имени адмирала И.К. Григоровича и о перезахоронении его праха в Петербурге на Никольском кладбище Троицкой Александро-Невской лавры, где в фамильном склепе похоронена его жена Мария Николаевна. Иван Константинович хотел быть погребенным на Никольском кладбище Александро-Невской лавры в Петербурге. На плане склепа, справа от могилы жены, он обозначил место для своего упокоения и написал: «Здесь прошу моих детей похоронить и меня».

Внушки Григоровича – Ольга Ва-

димовна и Кира Вадимовна – обратились с этой же просьбой к руководству ВМФ России.

По поручению Главнокомандующего ВМФ России Почетного председателя СПб МС Адмирала флота В.И. Куроедова была изготовлена памятная мемориальная доска с профилем адмирала И.К. Григоровича, которая в торжественной обстановке 15 марта 2003 г. в день 85-летия ЛенВМБ была установлена и открыта на здании Адмиралтейства. Доску освятил отец Александр из Морского Николо-Богоявленского собора.

3 марта 2005 г. в Морском Николо-Богоявленском соборе по инициативе Дома ученых РАН в присутствии внушек адмирала Ольды Вадимовны и Киры Вадимовны в связи с 75-летием со дня смерти И. Григоровича прошла поминальная панихида, которую провёл отец Григорий.

Для возвращения останков последнего морского министра царской России адмирала И.К. Григоровича на Родину председатель СПб МС Н.В. Орлов в течение трех лет проделал огромную работу. Как выяснилось, желание Российского Консульства перевезти останки адмирала Ивана Григоровича, в Санкт-Петербург казалось невозможным: «Экзгумация может быть произведена лишь по ходатайству члена семьи покойного (Ст. 361-15 Кодекса Комму). Ни один наследник муниципальным службам неизвестен, и перейти к процедуре перенесения останков адмирала Григоровича невозможно», – сообщил руководитель службы Ментона.

Н.В. Орлов начал кропотливую работу за рубежом для положительного решения вопроса. Необходимо было выяснить, кто такая Анни Джексон (как выяснилось потом, она родом из Глазго), где ее родственники, будут ли они возражать против перезахоронения. Два года ушло на поиск семьи Джексон, причастных к захоронению праха И. Григоровича в Ментоне в 1930 г.

Поисковые работы во Франции показали, что в стране проживает 36 семей Джексон и только одна из них состоит в родстве с Анни. Эта семья не имела ничего против перезахоронения останков Ивана Константиновича. Началось оформление документов, доказывающих родство Ольды Петровой и Киры Паниной с адмиралом И.К. Григоровичем. В этом большую помощь оказал РГАВМФ и, в частности, его сотрудник заслуженный работник культуры России В.Н. Гудкин-Васильев.

Благодаря ему были найдены сви-

детельства. Одно гласило: «Тысяча девятьсот первого года декабря девятнадцатого родилась и тысяча девятьсот второго года января тридцатого крещена Наталья. Родители ее: капитан 1 ранга Иван Константинович Григорович, командир броненосца «Цесаревич» и жена его Мария Николаевна, урожденная Шемякина, оба православного вероисповедания. ...Член Консистории очередной архимандрит Павел. Секретарь Лебедев. Архивариус Тих. Богомолов. Печать 2-й экспедиции Петроградской духовной консистории». Над текстом – карандашная помета рукой И.К. Григоровича: «Рождение дочери Натальи 1901 г. декабря 19»*.

Другое свидетельство содержало такие данные: «Выдано это свидетельство из Полтавского дворянского депутатского собрания потомственной дворянке Натальи Ивановне Григорович на основании 350 п.6 и 374 ст. ст. Св. Зак. О сост. Т. IX изд. 1899 г., взамен копии протокола, в том, что она дочь потомственного дворянина, генерал-адъютанта, адмирала Ивана Константиновича Григоровича, родилась девятнадцатого декабря тысяча девятьсот первого года, принадлежит к роду потомственных дворян Григоровичей, признанному в правах потомственного дворянства указом Правительствующего Сената по Департаменту герольдии от 21 декабря 1896 г. за №3342 и определением сего собрания 26 августа 1916 г. состоявшимся, внесена во вторую часть дворянской родословной книги Полтавской губернии. ... Полтавский губернский предводитель дворянства М. Герценвиц. Секретарь дворянства Н. Миц. Столоначальник Павловский**».

Все эти документы Н.В. Орлов представил во Франции, где на их основании и было принято положительное решение.

В марте 2005 г. были начаты и в середине июля того же года закончены реставрация и ремонт фамильного склепа семьи Григоровичей на Никольском кладбище Александро-Невской лавры. Их выполнили за счет пожертвований частных и юридических лиц при помощи Фонда развития ритуальных услуг «Новодевичье кладбище», учредителем которого является Санкт-Петербургская Ассоциация ритуальных компаний. На эти цели было затрачено 1 млн. 600 тыс. руб.

Утром в 9.00 15 июля 2005 г. отряд кораблей ВМФ России в составе гвардейского ракетного крейсера «Москва» (командир корабля – гвардии капитан 1 ранга А.В. Щербицкий) и сторожевого корабля «Пытливый» (командир корабля – капитан 2 ранга

* РГА ВМФ. – Ф. 701. – Оп. 1. – Д. 78. Л. 7.

** РГАВМФ. – Ф. 701. – Оп. 1. – Д. 78. – Л.13.

С.И. Троцев) под флагом командующего Черноморским флотом вице-адмирала А.А. Татаринова зашел в порт Ментона, куда до этого они никогда не заходили, но на этот раз было сделано исключение – у кораблей была особая миссия. *«Российские корабли у наших берегов – это напоминание о том прошлом, которое связывает наши страны. К этому прошлому мы обращаемся сегодня, передавая российским морякам останки адмирала Ивана Григоровича»*, говорил в своем интервью депутат-мэр Ментона Жан-Клод Гибаль.

16 июля в 10 ч по местному времени на кладбище Ментона начался ритуал передачи французской стороной останков адмирала И.К. Григоровича представителям ВМФ РФ. До этого была проведена эксгумация останков, гроб с прахом адмирала был установлен на подиум у входа на кладбище. Выстроены рота Почетного караула Черноморского флота и оркестр, а также французские моряки. Командующий Краснознаменным Черноморским флотом вице-адмирал А.А. Татаринов и председатель СПб МС Н.В. Орлов открыли гроб с останками адмирала, согласно традиции, должностным флагом морского министра Российской империи. (Кстати, два комплекта флагов были изготовлены по заказу СПб МС фирмой ООО «А плюс флаги», каждый содержал: должностной флаг морского министра размером 120×230 см, контр-адмиральский, вице-адмиральский и адмиральский размерами 135×90 см. Все – образца 1912 г. Стоимость их 7900 руб.).

Представители обеих сторон подписали надлежащие протоколы: с российской стороны – командующий Черноморским флотом России вице-адмирал А.А. Татаринов, председатель СПб МС, Почетный Генеральный Консул Княжества Монако в Санкт-Петербурге Н.В. Орлов, Генеральный консул России в Марселе О.Б. Чудинов и Почетный консул России в Монако Клод Палланка; с французской стороны – по поручению префекта департамента «Морские Альпы» Пьер Брей заместитель префекта Кристиан Абрар, морской префект Средиземноморской военно-морской зоны вице-адмирал Жан-Мари ван Юффель, депутат-мер Ментона Жан-Клод Гибаль и заместитель мэра Ментона Патрис Новели. На церемонии Кристиан Абрар отметил: *«Французская земля имела честь приютить у себя этого незаурядного человека, и мы гордимся этим. Рады, что наконец-то будет исполнена его последняя воля. Он обретет покой на Родине в России, о которой никогда не забывал»*. Правнучка адмирала Наталья Московченко отметила: *«Я считаю, что это не*

траурное событие, а великий праздник, потому что на Родину возвращается прадедушка. Это событие для всего флота российского. Это, конечно же, радость для нашей семьи бесконечная».

После звуков горна четыре капитана 2 ранга Черноморского флота подняли гроб с останками адмирала на плечи, и торжественно-траурная процессия отправилась к причалу. По пути ее прохождения в маленьком французском курортном городке были перекрыты все улицы и автомобильные трассы. Проститься с И.К. Григоровичем приехали люди даже из Марселя и Ниццы.

На причале гроб с останками адмирала был помещен на катер командующего Черноморским флотом и доставлен на борт гвардейского ракетного крейсера «Москва». К этому времени на его палубе были выстроены личный состав и участники торжественной церемонии. Прозвучал артиллерийский салют из 19 выстрелов, что придало церемонии еще большую торжественность. Состоялся и траурный митинг, на котором выступили Кристиан Абрар, Жан-Мари ван Юффаль и правнучка адмирала Наталья Васильевна Московченко. Затем состоялась панихида, которую, как и на кладбище Ментона, провел молодой российский иерей Александр, возглавляющий военно-морскую секцию при Московской Патриархии Русской Православной Церкви.

Надгробная плита с могилы И. Григоровича была погружена в выемку торпедного аппарата крейсера «Москва».

Характеризуя происходящие события, командующий Черноморским флотом вице-адмирал А.А.Татаринов сказал: *«Эта миссия очень важна. Она важна для восстановления исторической справедливости, она важна для подрастающего поколения наших молодых матросов и офицеров. Служба адмирала Григоровича является примером для каждого из них»*. Председатель СПб МС Н.В. Орлов отметил: *«Это был министр, который не имел конфликтов ни с Государственной думой, ни с Государем Императором. Но при этом флот строился, судостроительная программа выполнялась, деньги на судостроительную программу выделялись в полном объеме и лобное крупное и мелкое воровство прекратилось быстро и сразу...»*.

17 июля в полдень отряд кораблей России покинул Францию и взял курс на Родину. 25 июля он прибыл в Новороссийск, где адмиралу И.К. Григоровичу на родной земле почести отдал личный состав Черноморского флота, после чего гроб с останками адмирала принял командующий Балтийским флотом адмирал В.П. Валувев. Вечером того же дня гроб с остан-

ками адмирала военным самолетом «Ан-72» ВМФ России с посадкой в Москве был доставлен в Санкт-Петербург на военный аэродром «Левашово». Вся организация перезахоронения адмирала И.Григоровича была выполнена ЛенВМБ при помощи Правительства Санкт-Петербурга, а ритуал перезахоронения разработан в соответствии с традициями императорского флота России председателем Геральдического Совета при Президенте РФ старшиной СПб МС Г.В. Вилинбаховым.

26 июля 2005 г. в 10.00 на Левашовском аэродроме начался последний этап церемонии перезахоронения останков последнего морского министра Российской империи. Гроб с прахом адмирала И.К. Григоровича адмирал В.П. Валувев и председатель СПб МС Н.В. Орлов накрыли должностным флагом морского министра дореволюционной России.

75 лет назад, когда русского адмирала хоронили во Франции, на его могилу лег венок из живых гвоздик в виде Андреевского флага. И теперь у военного самолета «Ан-72» тоже гвоздики.

Выстроены рота почетного караула Ленинградского военного округа и оркестр ЛенВМБ. Внучки адмирала Ольга и Кира и правнучка Наташа, которые ждали этого дня долгие годы, не скрывают эмоций. Ольга Вадимовна сказала: *«Мы счастливы... Были времена, когда никак не было возможности привести это событие в действие... Слезы на глазах, но это слезы радости...»*. Раздается звук горна. Почетный караул выполняет команду: «На караул!». Капитаны 2 ранга Д.Е. Желтов, Д.А. Хазов, А.В. Комаров, Р.А. Мейпариани, О.В. Тришан и В.Н. Двойнос (все – слушатели 1-го курса учебной группы «111-ОН» командного факультета Военно-морской академии) поднимают гроб с останками адмирала И. Григоровича на плечи. Впереди – три офицера: капитаны 2 ранга Д.В. Першин, М.В. Яскевич и капитан 3 ранга Ю.В. Хохлов (тоже слушатели 1-го курса факультета вооружения ВМА) несут Андреевские флаги: адмиральский, вице-адмиральский и контр-адмиральский, характеризующие ступени должностной служебной лестницы, которую прошел И. Григорович.

Председатель СПб МС Н.В. Орлов и командующий Балтийским флотом адмирал В.П. Валувев докладывают первому заместителю ГК ВМФ адмиралу М.Г. Захаренко о выполнении почетной миссии. Оркестр исполняет траурный марш 1908 г. Гроб с прахом адмирала ставят на катафалк, траурная процессия направляется к Адмиралтейству. Ее путь лежит по При-



Председатель СПб МС Н.В. Орлов у надгробной плиты с могилы И.К. Григоровича, г. Ментон, Франция



Фамильный склеп семьи Григоровичей в Троицкой Александро-Невской лавре, Санкт-Петербург, 2005 г.

морскому шоссе мимо ВМА, крейсера «Аврора», Петропавловской крепости, Военно-исторического музея артиллерии, инженерных войск и войск связи, Ростральных колонн и ЦВММ.

У Адмиралтейства уже выстроены почетный караул и оркестр, адмиралы и офицеры ЛенВМБ, ГШ ВМФ, ВМА, 6-го ВСОК, Балтийского флота, высших военно-морских учебных заведений и частей, а также представители Правительства Санкт-Петербурга.

Старейшее военно-морское ведомство для памятных торжеств выбрано неслучайно. Здесь Иван Константинович буквально дневал и ночевал. За время своей службы он так и не построил себе ни квартиры, ни дачи.

Это был блестящий военный дипломат, безупречный морской офицер,

этому когда началась Февральская революция, к его квартире был выставлен караул, который штыками отгонял злобствующих и просто охранял адмирала. Не каждый из министров был удостоен такой чести».

Гражданскую панихиду открыл адмирал М.Г. Захаренко, который, в частности, сказал: «...Он жил там, где и служил... И не балы и застолье волновали его, а флот, флот и еще раз флот... Подготовка личного состава флота к войне была доведена до небывалого по тем временам совершенства. Разработанные Морским Генеральным штабом методы стрельбы и постановки минных заграждений считались, по утверждению английских союзников России верхом совершенства...». Затем выступили Н.В. Орлов и В.П. Валуев, который отметил:

«...По его проектам было построено 58 кораблей, которые участвовали и успешно действовали в Великой Отечественной войне и приблизили нашу победу...», а также внучка адмирала Ольда Вадимовна.

После этого командир ЛенВМБ вице-адмирал В.Ю.Кудрявцев отдает команду, по которой воинские части проходят под звуки оркестра парадным строем мимо гроба с прахом адмирала И.К. Григоровича, после чего гроб ставится на катафалк, и процессия по набережной Невы мимо здания Зимнего дворца направляется в Александро-Невскую лавру.

успешный военный морской министр, строгий, но в то же время щедрый на добрые чувства человек. Так и м И.К. Григорович остался в памяти потомков, недаром отметил Н. Орлов: «Его любили не только офицеры, но и матросы. По-

В 13.00 в Троицкой Александро-Невской лавре ее наместник архимандрит Назарий возглавил панихиду. В сослужении приняло участие духовенство Санкт-Петербургской епархии. Гроб с прахом перенесли к фамильному склепу семьи Григоровичей. Здесь председателем отдела Санкт-Петербургской епархии по взаимосвязям с ВМФ России настоятелем Чесменской церкви протоиреем Алексеем Крыловым вместе с другими духовными лицами была отслужена лития. Наконец останки последнего морского министра Российской империи адмирала И.К. Григоровича под троекратный салют роты почетного караула был установлен в склепе, представители официальных делегаций возложили венки и цветы к могиле.

В торжественной церемонии приняли участие: почетный член СПб МС генеральный конструктор-начальник ФГУП «ЦКБ МТ «Рубин», академик РАН, Герой Социалистического Труда И.Д.Спасский; начальник Управления Государственного Протокола Администрации Санкт-Петербурга И.С. Арцишевский, другие представители флотской и судостроительной общности города, журналисты.

М.Г. Захаренков передал внукам адмирала должностной флаг морского министра, которым был накрыт гроб с останками их деда, а они его, в свою очередь, передали начальнику ЦВММ капитану 2 ранга А.В.Смирнову. Надгробная плита вместе с бронзовой пальмовой ветвью от Почетного легиона, привезенные из Ментона, переданы заместителем командира ЛенВМБ по воспитательной работе капитаном 1 ранга О.А.Стадником также в ЦВММ, где и будет храниться.



Церковная лития перед усыпальницей

Главкомандующий ВМФ России Адмирал флота В.И. Куроедов выразил председателю СПб МС Н.В. Орлову благодарность за участие в решении сложных вопросов, связанных с увековечиванием памяти адмирала И.К. Григоровича. ■

К 70-ЛЕТИЮ АДМИРАЛА ИВАНОВА ВИТАЛИЯ ПАВЛОВИЧА

С.П. Сирый,

*председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота
и историограф СПб МС, заслуженный работник
высшей школы России, профессор, капитан 1-го ранга запаса*



12 августа 2005 г. исполняется 70 лет адмиралу Виталию Павловичу Иванову.

В.П. Иванов родился 12 августа 1935 г. в г. Полтава Харьковской области. В декабре 1950 г. был принят в саратовское Военно-морское подготовительное училище, где окончил 9 классов.

С августа 1952 г. по июль 1953 г. учился на подготовительном курсе при 1-м Балтийском Высшем военно-морском училище подводного плавания в Ленинграде. В августе того же года был зачислен на 1-й курс 1-го Балтийского Высшего военно-морского училища подводного плавания, которое окончил в 1957 г. Был назначен командиром торпедной группы ПЛ "С-362" отдельной бригады подводных лодок Подводных сил Северного флота. Через год в декабре 1958 г. Виталий Павлович назначается командиром БЧ-3 этой лодки, а в феврале 1962 г. – помощником командира ПЛ "С-282" бригады подводных лодок Северного флота.

Побывав в должности помощника и старшего помощника командира на различных ПЛ, капитан-лейтенант В.П. Иванов вместе с ПЛ "С-365" и её экипажем перешел Северным Ледовитым океаном в 1964 г. в Магадане в отдельную бригаду подводных лодок Тихоокеанского флота. В феврале 1965 г. ему присваивается звание капитана 3 ранга, а с 1 сентября этого же года он – слушатель Высших специальных офицерских классов (ВСОК) в группе командиров подводных лодок.

После окончания с отличием ВСОК Виталий Павлович назначается старшим помощником командира

крейсерской подводной лодки «К-45» эскадры ПЛ Камчатской военной флотилии КТОФ. В январе 1969 г. новое назначение, на сей раз командиром подводной лодки "К-370". В мае 1970 г. Виталий Павлович вместе с экипажем прибыл в отдельную бригаду ПЛ для получения от промышленности новой ПЛ проекта 671, с которой в октябре убыл на Северный флот. В июле 1972 г. ему присвоено воинское звание капитан 1 ранга.

С 1 сентября 1972 г. он – слушатель командного факультета Военно-морской академии, которую блестяще с отличием и Золотой медалью заканчивает в 1974 г., его имя заносится на мраморную Доску выпускников академии. Он получает назначение на Северный флот заместителем командира 17-й дивизии атомных подводных лодок. В 1975 г. Виталий Павлович становится командиром этой дивизии.

В октябре 1976 г. Постановлением Совета Министров СССР ему присвоено звание контр-адмирала, а с 1 сентября 1977 г. он – уже слушатель основного факультета академии ГШ ВС СССР, которую заканчивает в июне 1979 г. и назначается 1-м заместителем командующего 11-й флотилии атомных подводных лодок Северного флота.

С 1 июля 1981 г. Виталий Павлович заместитель начальника Оперативного Управления Главного штаба ВМФ СССР, а с февраля 1982 г. он начальник этого Управления – заместитель начальника Главного штаба ВМФ.

В феврале 1985 г. ему присваивается воинское звание вице-адмирала.

В декабре 1985 г. Приказом Министра Обороны СССР Виталий Павлович назначается Командующим Балтийским флотом, а в мае 1987 г. он становится адмиралом. В октябре 1991 г. новое назначение, на сей раз начальником Военно-морской академии им. Адмирала флота СССР Н.Г.Кузнецова.

В декабре 1995 г. Виталий Пав-

лович увольняется в запас по возрасту.

Во время прохождения воинской службы Виталий Павлович избирался депутатом Калининградского областного Совета народных депутатов, был делегатом 27-го съезда КПСС, народным депутатом СССР, делегатом 28-го съезда КПСС.

В 1993 г. Виталий Павлович был избран академиком Международной академии информатизации, а в 1995 г. почетным академиком Академии военных наук.

В 2000 г. решением Высшей Аттестационной комиссии Российской Федерации ему было присвоено ученое звание профессор по специальности «стратегия» и в этом же году за активную социальную деятельность он удостоен почетного звания «Человек 2000 года» с занесением в книгу почета и чести «Северо-Запада РФ».

В 2001 г. Виталий Павлович был избран академиком и профессором Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка.

В настоящее время адмирал В.П. Иванов активно работает в Санкт-Петербургском Морском собрании, являясь 1-м заместителем председателя СПб МС, членом Совета старшин (руководящего органа МС).

**ДРУЗЬЯ, КОЛЛЕГИ,
СОСЛУЖИВЦЫ, ПОЧЕТНЫЕ
ЧЛЕНЫ, СОВЕТ СТАРШИН, ЧЛЕНЫ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
МОРСКОГО СОБРАНИЯ, ЛИЧНЫЙ
СОСТАВ ГШ ВМФ, КБФ, ВОЕННО-
МОРСКОЙ АКАДЕМИИ, ЛЕН ВМБ,
РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА "МОРСКОЙ
ВЕСТНИК" ПОЗДРАВЛЯЮТ
ВИТАЛИЯ ПАВЛОВИЧА С ЭТИМ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫМ ЮБИЛЕЕМ И
ЖЕЛАЮТ ЕМУ КРЕПКОГО
ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ И ДОЛГИХ
ЛЕТ ПЛОДОТВОРНОЙ
ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА
БЛАГО ФЛОТА РОССИИ.**



Герб
Санкт-Петербургского
Морского собрания



Санкт-Петербургское Морское Собрание

1910

ОСНОВАНИЕ

1995

ВОЗРОЖДЕНИЕ

Собрание Морское –
Союз морских людей

Здесь знают, что такое
Отечество и Честь



Орден
«За заслуги»



Орденский знак
Морского собрания
(высшая награда)



Золотая медаль
«Петр I»



Орден
«За воинскую доблесть
1 степени»



Орден
«За трудовую
доблесть
1 степени»



190000, Санкт-Петербург,
Английская набережная, 42
тел.: (812) 312-70-92, 315-26-70



Серебряная медаль
«А.Н. Крылов»

28 июня 2005 г. в Шереметьевском дворце Санкт-Петербурга прошел очередной пленум Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова. В его работе приняли участие 96 представителей судостроительных предприятий Санкт-Петербурга, Москвы, Калининграда, Северодвинска, Нижнего Новгорода и других городов страны. Пленум подвел итоги работы НТО судостроителей за отчетный год и наметил приоритетные направления деятельности на последующий период.

Пленум приветствовал Президент Союза научных и инженерных общественных организаций России и ближнего зарубежья член Президиума РАН, академик Ю.В. Гуляев. В своем выступлении он отметил хороший уровень работы НТО судостроителей за последние годы и большой личный вклад в этот положительный процесс президента НТО, доктора технических наук, профессора В.Л. Александрова.

В своем докладе Президент НТО В.Л. Александров осветил основные проблемы развития российского судостроения и вытекающие из них задачи деятельности НТО, в том числе адаптация НТО для работы в новом формате отрасли в период и после реконструкции, а также усиление его деятельности в инновационном развитии отрасли.

Решение текущих вопросов НТО за прошедший период проанализировал в своем сообщении вице-президент Л.А. Проmysлов. Работа проводилась в соответствии с утвержденным тематическим планом в основном по трем направлениям:

- организация научно-технических семинаров, конференций и заседаний научно-технических секций ЦП НТО;
- международное сотрудничество со странами СНГ и дальнего зарубежья;
- подготовка научных и инженерных кадров и издательская деятельность.

Затем были заслушаны доклады участников пленума, тематика которых отвечала трем актуальным направлениям в современном судостроении:

ПЛЕНУМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ РОССИЙСКОГО НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А.Н. КРЫЛОВА

Л.А. Проmysлов, вице-президент
РосНТО судостроителей им. ака. А.Н. Крылова

- инновационные пути развития отрасли;

- экологическая и техническая безопасность;

- подготовка инженерного персонала.

По проблемам инновационного развития отрасли были представлены доклады:

- «Перспективы развития отечественного судостроения, проблемы и решения» (директор ФГУП ЦНИИ «Курс», канд. техн. наук Л.М. Клячко);

- «Инновационный путь развития неатомных подводных лодок» (генеральный конструктор ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Кормилицин);

- «Перспективы военно-технического сотрудничества в области надводного кораблестроения» (генеральный конструктор ФГУП Северное ПКБ, д-р техн. наук, проф. В.Е. Юхнин);

- «Инновационный путь развития Северного машиностроительного предприятия» (заместитель генерального директора ФГУП ПО «Севмаш», Северодвинск, Э.С. Борисов).

Экологической и технической безопасности были посвящены два доклада:

- «Оценка воздействия на окружающую среду утилизации атомных подводных лодок», сделанного представителем ФГУП НИПТБ «Онега»

(Северодвинск) Н.Г. Щербининым;

- «Современные методы бесконтактного мониторинга - основа безопасной эксплуатации кораблей и судов», озвученный и продемонстрированный изобретателем тепловизора «Ирчис-2000», который прочел представитель Института радиотехники РАН (Москва) М.И. Щербаков.

Вопросы подготовки научного инженерного персонала для отрасли осветил в своем докладе «Программа подготовки и переподготовки кадров для судостроительной промышленности на 2004-2008 гг.» декан производственного факультета СПбГМТУ, профессор Г.В. Проценко.

В заключительной части работы пленума выступил Первый секретарь Международного Союза НТО (Москва) В.М. Ситцев, который дал положительную оценку работе Центрального Правления НТО судостроителей за отчетный период и поддержал инициативу ЦП НТО провести в июне 2006 г. мероприятия, посвященные 140-летию Русского Технического общества в Санкт-Петербурге на базе НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова. По докладам, сообщениям и предложениям, поступившим из зала заседания, было принято соответствующее решение. ■



С докладом выступает В.Л. Александров

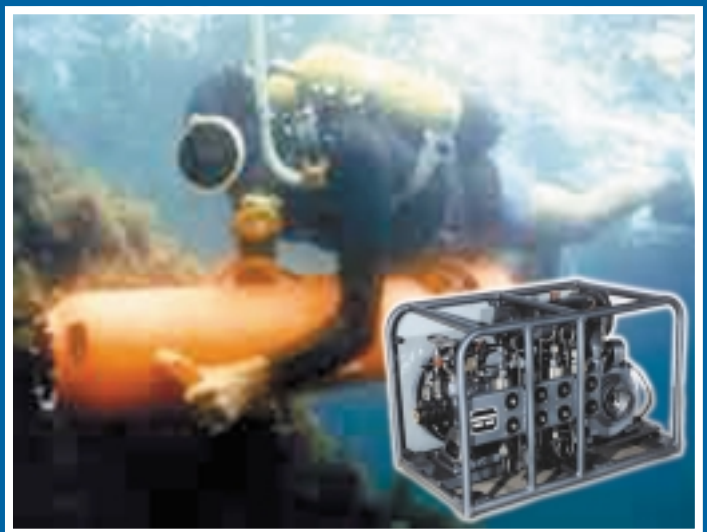


Президиум пленума (слева направо): Л.М. Клячко, директор ЦНИИ «Курс», Л.А. Проmysлов, вице-президент НТО, В.М. Ситцев, первый секретарь Международного Союза НТО, Ю.В. Гуляев, президент Союза научных и инженерных общественных организаций России.



О А О « К О М П Р Е С С О Р »

ОСНОВАНО В 1877 ГОДУ



*Приобретая продукцию нашего завода, вы способствуете
развитию экономики России*

Адрес: 194044, С-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 64. Телефакс (812) 596-33-97.
Телефоны: (812) 245-50-90 – секретарь, (812) 245-51-27 – отдел маркетинга.
E-mail:office@compressor.spb.ru, www.compressor.spb.ru



ЭРА

ОАО
ОСНОВАНО В 1922 ГОДУ

Электро Радио Автоматика

Выполнение полного комплекса электромонтажных работ на строящихся и ремонтирующихся судах.

Проектирование электрочасти судов.

Комплексная поставка судового электрооборудования и кабельной продукции.

Изготовление судовых электрораспределительных устройств.



190000, Санкт-Петербург, пер. Гривцова, 1/64
тел.: 571-39-19; факс: 314-01-54;
E-mail: era@lek.ru