

# Морской Вестник



№4(16)  
2005

*Morskoy Vestnik*

Центральное Морское  
Конструкторское  
Бюро



  
**АЛМАЗ**

E-mail: [office@almaz-kb.sp.ru](mailto:office@almaz-kb.sp.ru),  
<http://www.almaz.info>



# 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](mailto:market@almaz.spb.ru)  
[www.almaz.spb.ru](http://www.almaz.spb.ru)

**7** октября 2005 г. на «Судостроительной фирме «Алмаз» состоялась торжественная церемония спуска на воду головного артиллерийского корабля пр. 21630 «Астрахань», построенного на верфи для Военно-Морского Флота России. Весной 2003 г. «Алмаз» участвовал в конкурсе, объявленном ВМФ РФ на строительство корабля, и в сложнейшей конкурентной борьбе выиграл тендер. Высокое качество исполнения работ, четкое соблюдение сроков строительства корабля позволило верфи получить заказ ВМФ на строительство первого серийного корабля.

Корабль спроектирован ФГУП «Зеленодольское проектно-конструкторское бюро» (Татарстан) и предназначен для охраны и защиты 200-мильной экономической зоны государства.



Головной артиллерийский корабль класса «река-море» водоизмещением около 500 т оснащен различными видами современного артиллерийского вооружения. Корабль будет передан заказчику летом 2006 г.

В церемонии спуска приняли участие представители ВМФ РФ, Каспийской флотилии, Администрации Петербурга и большая делегация Администрации Астраханской области во главе с вице-губернатором, председателем Правительства Астраханской области К.А. Маркеловым.

Крестной матерью корабля стала заместитель Полномочного представителя Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе Л.П. Совершаева.

## СПУСК НА ВОДУ ГОЛОВНОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО КОРАБЛЯ ПРОЕКТА 21630 «АСТРАХАНЬ»

За всю историю предприятия кораблями «Алмаза» построено и передано заказчикам более 1000 катеров и малых кораблей. «Алмаз» многие годы специализировался на постройке головных образцов современной морской техники для ВМФ, отрабатывая передовые достижения в области военного кораблестроения и передавая заказ в серийное строительство.

В настоящее время на «Судостроительной фирме «Алмаз» идет строительство первого серийного малого артиллерийского корабля «Каспийск» для ВМФ России, проводится модернизация и ремонт ДКВП пр. 12322 «Зубр», продолжается строительство десятого серийного патрульного катера пр. 10410 для пограничной службы ФСБ РФ. ■



# Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№4(16)  
2005

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## 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»  
**Л.М. Клячко**, директор  
ФГУП ЦНИИ «Курс»  
**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  
ОАО «Транстех Нева Эксипишнс»  
**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. Прянин**, 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.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СУДОСТРОЕНИЕ

- Спуск на воду головного артиллерийского корабля проекта 21630 «Астрахань»* ..... 1
- В.Л. Александров.** Актуальные вопросы развития российского судостроения ..... 7
- А.В. Рудаков, Г.Н. Муру, В.С. Трубицын, В.А. Стародубов.** Применение технологии обратного инжиниринга для уточнения трехмерной модели корабля ..... 10
- С.И. Овсянников.** Взгляд в будущее ..... 15
- А.Г. Смирнов.** Плавающие судоподъемные сооружения в судоремонте и судостроении ..... 19
- Ю. Петров.** Новая продукция для судостроения из Финляндии ..... 23

### СУДОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- С.В. Лебедев, В.С. Точинев.** Проектно-конструкторские работы и электромонтаж в современных условиях ..... 26
- В.Ф. Суслов.** Проблемы и пути развития судового машиностроения в условиях современной рыночной экономики. К 35-летию ЦНИИ судового машиностроения ..... 31
- Т.В. Ведерникова, С.В. Смирнов.** Использование современных достижений информационных технологий в ЗАО «ЦНИИ Судового машиностроения» ..... 37
- В.В. Терещенков.** Разработка гребного электропривода с асинхронным электродвигателем ..... 40
- Корабел.ру** – информационно-поисковая система (участники раздела) ..... 46

### МОНИТОРИНГ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

- П.Г. Бродский, А.Л. Гутников, В.П. Ленков.** Основные технические аспекты разработки системы эксплуатационного мониторинга морских трубопроводов ..... 47

### БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

- В.П. Худин, В.Е. Салов.** Недостаточный контроль фактической остойчивости – причина аварийности сухогрузных судов ..... 50

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- И.В. Алешин, И.Н. Антошкин, В.К. Гончаров, Я.Ю. Карелина, А.С. Портной, В.Н. Разуваев.** Технологические аспекты охраны окружающей среды при освоении ресурсов Мирового океана ..... 53
- Е.Г. Бурмистров, А.С. Курников.** К вопросу о концепции экологически чистого судна ..... 60
- И.В. Лисовский.** Безопасность подводных потенциально опасных объектов в Российской Федерации ..... 63

### МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- Ш.Г. Алиев, Е.В. Кабанец, В.В. Тomanov.** Развитие систем управления движением отечественных торпед и задачи оптимизации управления ..... 65



**Б.А. Царев.** Пути обеспечения конкурентоспособности проектных решений ..... 73

**А.Б. Лукашевич, А.А. Русецкий.** Основные этапы проектирования и создания судов на подводных крыльях и вклад ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова в эти работы ..... 78

**А.И. Немзер, В.В. Сергеев, А.В. Юрканский.** Применение руля нетрадиционного типа для улучшения характеристик управляемости прогулочного судна ..... 84

**Ф.И. Габерцеттель, Д.М. Денисихина, М.П. Лобачев.** Численное определение гидродинамических характеристик плоских профилей при вариации формы выходящей кромки ..... 87

**В.Н. Савинов.** Параметрические исследования динамики и напряженно-деформированного состояния опорного блока при сбросе с баржи ..... 92

**Г.Б. Крыжевич.** Вопросы рационального выбора материалов и полуфабрикатов для строительства больших высокоскоростных судов ..... 97

**К.Е. Сазонов.** Расчет ледовой нагрузки от движущихся ледяных полей на многоопорные сооружения с вертикальной передней гранью ..... 102

## МОРСКОЙ БИЗНЕС И ПРАВО

**Л.Г. Грабовец, О.Ю. Юрьев.** Нормативы по труду как эффективный инструмент для оценки степени загрузки персонала судостроительного предприятия ..... 106

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

**К.Г. Абрамян.** Возникновение научного центра кораблестроения в России ..... 109

**Ю.П. Квятковский.** О государственной программе «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2006–2010 годы» ..... 112

К 100-летию контр-адмирала В.А. Напитухина ..... 113

**В.С. Козлов.** Герой-подводник, капитан дальнего плавания. К 100-летию Героя России А.М. Матияевича ..... 114

**О.Г. Асташенко, Ю.В. Варганов.** К 50-летию ввода в строй первой отечественной подводной лодки – носителя баллистических ракет ..... 115

**С.П. Сирый.** К 200-летию со дня рождения контр-адмирала В.А. Корнилова ..... 119

**Е.А. Никитин.** Первому Военно-морскому клиническому госпиталю – 290 лет (1715–2005) ..... 120

## ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ГАЛЕРЕЯ «МОРСКАЯ СЛАВА РОССИИ»

**С.Ю. Курносоев.** Мемориальные суда первой половины XVIII в. .... 123

## ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ

**Посейдония–2006,** 5–9 июня 2006 г. .... 130

**Инрыбпром–2006.** Современные средства воспроизводства и использования водных биоресурсов, 20–23 июня 2006 г. .... 131

**Транстек.** 8-я Международная многоотраслевая выставка «Транспорт и международный транзит», 25–28 сентября 2006 г. .... 132

### 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:

**Г.В. Григорьева, В.Л. Колпакова, А.А. Нарижная, И.С. Смирнова**

### Адрес редакции:

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

### Учредитель-издатель

ООО Издательство «Мор Вест»,  
190000, 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 использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка допускается только с разрешения редакции.

### 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.I. 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 «Baltudoproekt»  
**L.M. Klyachko**, Director,  
FSUE CNII «Kurs»  
**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.S. 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

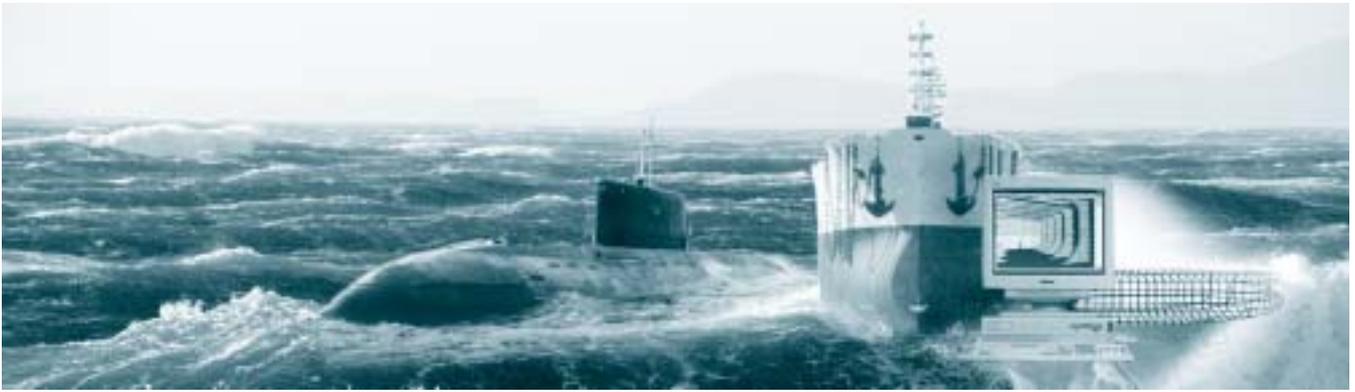
### Editorial Collegium

**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.

## CONTENTS

### SHIPBUILDING

- Launching of the type gun-firing ship of the "Astrakhan" 21630 project ..... 1*  
**V.L. Aleksandrov**. *Urgent issues of the Russian shipbuilding industry development ..... 7*  
The main problems of the Russian shipbuilding are outlined and solutions are offered. In particular, it is proposed to elaborate the strategy of shipbuilding industry development till 2030 taking into consideration the current situation with outfitting vessels with Russian-made equipment.  
**A.N. Roudakov, G. Mouru, V. Trubitsin, V.A. Starodubov**.  
*Applying of reverse engineering technology to adjust a 3D ship's model ..... 10*  
The article tells about the experience of applying the latest technologies of reverse engineering with the purpose to adjust a 3D type ship model (corvette for the RF Navy). The present model has been shaped by the "Severnaya Verf" Design Bureau using the FORAN system and basing on 2D paper drawings developed by the Almaz Central Marine Design Bureau. The model has been ordered by the Navy that considers the 3D models to be the basic component in the implementation of the CALS concept that is targeting repair and operational tasks. However the drawing-based 3D model characterizes the state of the ship according to her design parameters and does not correspond with the actual state of the ship that will be built. This fact considerably restricts the use of the obtained 3D model in the interests of the Navy. One of the possible alternatives of bringing the model closer to the actual state of the ship with the use of reverse engineering technology has been analyzed.  
**S.I. Ovsyannikov**. *Looking into future ..... 15*  
In 2006 the former Central Design Bureau (CKB-53) or, as it is called at present, - Severnoye Design Bureau will celebrate its 10<sup>th</sup> anniversary. The article tells about several promising projects that have been designed by the bureau: a corvette, ferries, support motor boat. Its design potential is described as well.  
**A.G. Smirnov**. *Floating lifting structures used in ship repair and shipbuilding ..... 19*  
The stages of floating lifting structures development have been analyzed. Examples of most frequently used structures are given in the article.  
**Y. Petrov**. *New products from Finland for shipbuilding industry ..... 23*
- ### MARINE ENGINES, EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS
- S.V. Lebedev, V.S. Tochinov**. *Design and electric wiring in the modern conditions ..... 26*  
The "Era Ltd" contracted to develop the design and technological documentation for conducting electric wiring works onboard ships that will help consumers to improve quality of ships and reduce construction time.  
At present the Era Project Design Bureau started the development of the documentation for a linear diesel-electric ice-breaker with azimuth thrusters being built at the Baltiysky Zavod Works.  
The set and structure of the ship's power plant are given in details.  
**V.F. Souslov**. *The problems and ways of the marine machine building in the market conditions. To the 35<sup>th</sup> anniversary of the Central Scientific Research Institute of Marine Shipbuilding ..... 31*  
The method for analyzing the efficiency of marine transport ship as an object of a comprehensive technical system using the three principles of its final completing. It helps to optimize ship's subsystems including onboard equipment systems and to improve their quality. The methods of using special purpose software models based on the methods of resources distribution optimization are given.  
**T.V. Vedernikov, S.V. Smirnov**. *Use of the latest IT achievements by the Marine Machine Building Design Bureau ..... 37*  
The article tells about the development of the software and hardware platform operating in the network under the control of the single analysis engine and being equipped with highly efficient input-output and data storage appliances.  
**V.V. Tereshenkov**. *Development of propeller electric drive with asynchronous electric motor ..... 40*  
An asynchronous electric propeller drive ensuring reduced vibration level is considered in the article. It has been developed by the "Silovyje Machinery-Electrosila Ltd" ("Power plants - Electric Power Ltd"). It is based on the following system: converter - asynchronous short-circuited electric motor.



**Korabel.ru** - search engine (participants of the section)..... 46

### UNDERWATER PIPELINES MONITORING

**P.G. Brodsky, A.L. Gutnikov, V.P. Lenkov.** *The main technical aspects for the development of marine pipelines operational monitoring system*..... 47

The authors consider main characteristic features of marine pipeline systems being operated and developed in Russia. The main attention is paid to the development of their monitoring systems with the purpose to eliminate the risk of damages and to ensure their safe operation.

### SAFETY OF NAVIGATION

**V.P. Khudin, V.E. Salov.** *Insufficient actual stability monitoring increases dry cargo carries' accident rate* ..... 50

The main reasons of accidents with dry cargo carries have been revealed. Measures to eliminate the number of accidents with dry cargo carries have been proposed.

### ENVIRONMENTAL SAFETY

**I.V. Alyoshin, I.N. Antoshkin, V.K. Goncharov, J.Y. Karelina, A.S. Portnoj, V.N. Razuvayev.** *The technological aspects of environment protection while developing the World ocean resources* ..... 53

A modern marine oil-and-gas complex (MOGC) is a comprehensive geotechnical system with continuous interaction of two (natural and technogenic) subsystems. The optimization of increasing MOGC-dependent technogenic load upon the environment in the process of the World ocean mineral resources development should be based on the principle of the technogenic factor (rate and extent of technogenesis) relation to the natural factor (the biosphere's capability to self-purification and self-recovery). This principle is laid into the foundation of the mankind community sustainable development concept that was for the first time stated at the UN Conference on Environment and Development held in 1992 in Rio de Janeiro (Brazil). The most important condition for the implementation of this Concept supported by the majority of civilized countries with respect to the World ocean is the necessity to organize efficient protection of marine environment. The present article pays much attention to the technological aspect of this activity targeted at the development and industrial implementation of the latest sustainable and environmentally grounded technologies and technical means of marine mineral resources use.

**E.G. Burmistrov, A.S. Kournikov.** *Speaking about the environmentally safe ship concept* ..... 60

The problems of decreasing anthropogenic load upon environment are considered within the frames of the environmentally safe ship concept. The authors have grounded the possibility of a marine sanitary-and-environment protection system development that may considerably reduce pollution from ships. A method of enhancing environmental safety of inland and mixed "river-sea" navigation is described.

**I.V. Lisovsky.** *Environmental safety of potentially dangerous underwater sites in the Russian Federation* ..... 63

The methods of assessing the hazardous rate of underwater sites' potential danger to environment are considered in the article. The definition of underwater potentially dangerous sites is stated, organizations that monitor their state are enlisted and basic governmental documents that regulate this activity are given.

### MARINE ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

**S.G. Aliev, E.V. Kabanets, V.V. Tomanov.** *Development of torpedos' motion control systems and optimal control tasks* ..... 65

Review of the developments beginning from the first homing anti-ship torpedoes to the put into service by the USSR Navy universal torpedoes that base the torpedo armament of modern submarines and surface ships.

**B.A. Tsarev.** *The ways of supporting competitive design solutions* ..... 73

A method of targeting shipbuilding enterprises' activity – or how to figure out what types of vessels may be competitive – is proposed by the author. The methodological base for the solution optimization substantiation is proposed in the article.

**A.B. Lukashevich. A.A. Rusetsky.** *The main stages of hydrofoil ships designing and creation and the Krylov Central Design Bureau contribution* ... 78

The main stages of hydrofoil ships designing and creation are given and specific features of the built hydrofoil ships are analyzed. Special attention is paid to the contribution made by the Krylov Central Design Bureau into this work and to promising started developments.

#### 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:

**G.V. Grigorieva, V.L. Kolpakova, A.A. Narizhnaya, I.S. Smirnova**

#### Editorial office:

office 13H, 84,

Nab. r. Moyki, 190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press, TV and Radio Broadcasting and Means of Mass Communications, Registration Certificate ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

#### Founder-Publisher:

JSC Publishing House "Mor Vest"

office 13H, 84,

Nab. r. Moyki, 190000, St. Petersburg

#### 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.

Supreme Examination Board Bulletin № 3, May 2004:

The Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.

<b>A.I. Nemzer, V.V. Sergeev, A.V. Yurkansky.</b> <i>The use of a non-traditional rudder type with the purpose to improve leisure craft manoeuvrability</i> .....	84
---	----

The results of an existing leisure boat manoeuvrability improvement are given. A wide range of model tests have been fulfilled during this work and according to the results a non-traditional type rudder and new steering engine have been installed onboard the vessel.

<b>F.I. Gabertsettel, D.M. Denisikhina, M.P. Lobatchev.</b> <i>Numerical definition of flat sections hydrodynamic characteristics at different configurations of the exit edge</i> .....	87
--	----

Estimation of the required adjustment of a screw propeller geometry necessary to preserve the design mode parameters according to the exit edge bluntness has been given. Vortex structures have been analyzed, their response characteristics have been compared with those of blades, and it has been shown that calculations become real in case of Reynolds natural numbers.

Detailed calculations may be carried out for any types of sections and, in future, for screw propellers when it will be necessary to specify their hydrodynamic characteristics at various configurations of the exit edge.

<b>V.N. Savinov.</b> <i>Parametric studies of dynamics and strained and stressed state of bearing pulley being thrown off the barge</i> .....	92
---	----

The numerical experiments program and results of parametric studies of dynamics and strained and stressed state of bearing pulley being thrown off the barge are given in the article. Characteristic curves of external forces and the pulley's accelerations in the process of uncontrollable longitudinal throw-off from a transport barge, diagram of its strained and stressed state obtained as a result of quasi-static statement, as well as the graphical relation of maximal stretch and compression stresses in the structure rods from a numeric experiment variant are given. The obtained results have been summarized and recommendations for their practical use are given.

<b>G.B. Kryzhevich.</b> <i>Problems of the rational choosing of materials and semi-finished products for large high-speed vessels construction</i> .....	97
--	----

Basing upon the metal hulls weight factors analysis the authors come to the conclusion that aluminum alloys will be in the nearest future the most promising material for the construction of high-speed vessels. Recommended for shipbuilding Al-Zn-Mg alloys have high-strength properties, low (in comparison with 1561 alloy) relative (referred to tensile yield limit) fatigue limit and low relative characteristics of resistance to the development of fatigue damages. That is why they may be successfully used when more strict requirements are applied to hull units (in comparison with those specified in classification societies rules) and to experimental mastering of constructions. The necessity of adopting special organizational and technical measures to provide the operational safety of construction made of high-strength aluminum alloys is noted. The author notes that the efforts made by metallurgical industry in the field of creating new corrosion-resistant materials with high fatigue limits and crack growth resistance properties is very timely. The author substantiates the expediency of extending the nomenclature of Russian-made hollow panels of new types manufactured with the use of extrusion technology. It is shown that their use for the construction of medium and large displacement high-speed vessels and traditional types of vessels will result not only in saving materials and construction efforts but will help to improve such functional properties as vibration damping, sound absorption, and environmental safety. It is substantiated in the article that works targeting the use of non-expensive materials in shipbuilding (1935 type alloy) used to manufacture hollow panels are extremely timely.

<b>K.E. Sazonov.</b> <i>Calculation of ice load from moving ice fields upon multi-support structures with vertical front face</i> .....	102
---	-----

The mechanisms of ice-field destruction by a multi-support construction that may be used for the calculation of periodical and quasi-periodical (in case of smooth changes in ice drift direction) ice disturbances that cause vibration of these constructions.

## MARINE BUSINESS AND LAW OF THE SEA

<b>L.G. Grabovets, O.Y. Yuriev.</b> <i>Labour performance standards as an efficient instrument used to estimate the rate of workload on a shipbuilding company staff</i> .....	106
--	-----

The method of estimating the rate of staff workload with the purpose to enhance the economic efficiency of an enterprise operation. It is proposed to develop labour efficiency standards that take into consideration time parameter which will help to get trustworthy information both about the absolute labour productivity and dynamics of its changing.

## SHIPBUILDING AND FLEET HISTORY

<b>K.G. Abramyan.</b> <i>Foundation of the shipbuilding scientific center in Russia</i> .....	109
---	-----

The author traces the development and specifies the date of the Russian shipbuilding scientific center CNII-45 and its successor – the Krylov Central Design Bureau. Special attention is paid to the role of managerial bodies – Marine Technical Committee, Main shipbuilding Board etc.

<b>Y.P. Kvyatkovsky.</b> <i>On the governmental program "Patriotical education of the Russian Federation citizens in 2006-2010"</i> .....	112
---	-----

The main provisions of the program are analyzed, directions of activity are outlined.

<i>To the 100<sup>th</sup> anniversary of Rear-Admiral V.A. Napitukhin</i> .....	113
--	-----

<b>V.S. Kozlov.</b> <i>Heroic submariner, sea captain. To the 100<sup>th</sup> anniversary of the Hero of Russia A.M. Matiyasevitch.</i> .....	114
--	-----

Special attention is given to his heroic deeds during the war.

<b>O.G. Astashenko, Y.V. Varganov.</b> <i>To the 50<sup>th</sup> anniversary of putting into operation of the first Russian ballistic missile-carrying submarine</i> .....	115
--	-----

The history of designing and construction of ballistic missile-carrying submarine and equipping the Russian Navy with submarines of this type. The contribution of scientists into their creation is noted.

<b>S.P. Siry.</b> <i>To the 200<sup>th</sup> anniversary of Rear-Admiral V.A. Kornilov. Special attention is paid to marine service stages, Sevastopol Defence</i> .....	119
--	-----

<b>E.A. Nikitin.</b> <i>The first Naval clinic hospital is 290 years old (1715-2005).</i> .....	120
---	-----

The article tells about foundation and development of the Naval Clinical Hospital in St.Petersburg, about its modern state.

## "MARINE GLORY OF RUSSIA" ART GALLERY

<b>S.Y. Kournosov.</b> <i>Memorial ships of the first part of the XVIII century</i> .....	123
---	-----

The article familiarizes with origination of the tradition to preserve memorial ships – witnesses and participants of the Russian navy glorious victories.

## EXHIBITIONS. CONFERENCES

<b>Poseidonia-2006, June 5-9 2006</b> .....	130
---	-----

<b>Inrybprom-2006. International exhibition for modern means of reproduction and use of water bioresources</b> .....	131
--	-----

<b>Transtec. 8<sup>th</sup> International transport and cargo transit exhibition, September 25-28, 2006</b> .....	132
---	-----



# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ\*

**В.Л. Александров**, д-р техн. наук, проф.,  
генеральный директор ФГУП «Адмиралтейские верфи»

Последние годы отечественная судостроительная промышленность демонстрирует высокие темпы роста объемов производства. Так, в 2004 г. по сравнению с предыдущим годом рост объемов производства в отрасли составил 27,5 %, а в секторе науки – 33 %. Основным фактором роста является существенное увеличение государственного оборонного заказа и экспорта морских вооружений. Растет объем производства гражданского судостроения, доля которого в общем объеме производства в прошлом году составила 27,2 %. Не предприятиях судостроительной промышленности в настоящее время занято 197,7 тыс. чел., в том числе в промышленности – 158,2 тыс. чел., в науке – 32,2 тыс. чел. Отрасль в состоянии строить корабли и суда всех классов. Особенно выделяется судостроительный комплекс Северо-Западного Федерального округа, который обеспечивает выполнение более 80% НИОКР и свыше 70 % промышленного производства отечественного судостроения.

Вместе с тем темпы преобразований в отечественном судостроении недостаточны для выполнения актуальных задач национальной морской политики. Как отмечалось в декабре 2004 г. на заседании Морской коллегии при Правительстве РФ, продолжается старение отечественного транспортного морского флота, в результате чего российские операторы вытесняются с рынков экспортных перевозок. Недостаточно активно ведутся проектирование и строительство морских сооружений, транспортных и специальных судов

для освоения месторождений углеводородного сырья на российском арктическом шельфе. Неудовлетворительно обновляется рыбопромысловый флот страны.

В области военного кораблестроения особую озабоченность вызывает снижение качества морских вооружений и отставание в продвижении новых перспективных проектов надводных и подводных кораблей. Эти вопросы подробно обсуждались на общероссийской конференции «О состоянии и мерах по повышению качества вооружений и военной техники», которая прошла в феврале текущего года в Ростове-на-Дону.

Для ускорения темпов развития отечественного судостроения и вывода его на новый качественный уровень в соответствии с поручением Морской коллегии при Правительстве РФ Федеральным агентством по промышленности Минпромэнерго РФ разработана «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2030 г.». Имеющийся в нашем распоряжении проект названного документа показывает, что в среднесрочной перспективе предусмотрен комплекс эффективных мер по подъему отрасли и повышению ее потенциала. Первоочередными и неотложными мерами, предусмотренными этой стратегией, являются:

– структурные преобразования посредством создания интегрированных специализированных комплексов в сфере научного обслуживания и в основных подотраслях судостроительной промышленности;

– совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы, обеспечивающей конкурентоспособную деятельность и развитие отечественного судостроения.

Структурные преобразования как основное направление развития отрас-

ли в настоящее время активно реализуются. Принято решение о формировании на базе ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова с участием ряда ведущих НИИ отрасли Крыловского научного центра. Создаются научно-производственные концерны по разработке и производству техники морской навигации и связи, радиоэлектронного вооружения, морского подводного оружия. В рамках частно-государственного партнерства начат процесс создания холдинга надводного судостроения в Санкт-Петербурге, который должен включить такие судостроительные предприятия, как «Балтийский завод» и «Северная верфь», а также ведущие КБ страны. Представляется, что проводимые структурные преобразования способны существенно ускорить инновационные процессы в отечественном судостроении.

Второе основное направление развития судостроения – совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы его деятельности – уже в течение почти восьми лет не находит государственного решения. В июне этого года губернатор Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко передала Президенту России В.В. Путину уточненный проект законодательных инициатив по поддержке отечественного судостроения. Проект подготовлен Комитетом экономического развития, промышленной политики и торговли города при участии ведущих НИИ отрасли и смежных отраслей, Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, представителей судовладельцев. В законопроекте предусмотрены меры, направленные на создание экономических условий деятельности российского судостроения, которые сопоставимы с действующими за рубежом, в частности в европейском судостроении. От принятия этого законопроекта зависят по-

\* В данной статье изложены основные положения доклада, прочитанного на Всероссийском научно-техническом форуме «Технологическое и кадровое обеспечение развития судостроительной отрасли», Санкт-Петербург, 29 сентября 2005 г.

вышение инвестиционной активности отечественных заказчиков судов и судостроительных предприятий, возможность проведения технического перевооружения заводов, роста за счет этого технической конкурентоспособности судов и экономической эффективности судостроительного производства.

В «Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2030 г.» ставится задача поэтапного повышения импортозамещения судового оборудования и комплектующих изделий за счет развития отечественного судового машиностроения. Однако данная задача, по нашему мнению, недостаточно конкретизирована и обоснована мероприятиями проекта стратегии. Между тем в комплектации кораблей и судов отечественным оборудованием в последние годы сложилась непростая ситуация, для которой типичны следующие недостатки:

- усиливаются экономические потери заводов-строителей из-за несвоевременной поставки комплектующих изделий и оборудования как отраслевыми машиностроительными заводами, так и заводами других отраслей российского машиностроительного комплекса;

- вследствие приостановки деятельности ряда специализированных производств при их восстановлении проявляется утрата высоких технологий машиностроения, что приводит к резкому снижению качества машиностроительной продукции;

- начинает проявляться инновационное отставание отечественного машиностроения от зарубежных конкурентов, в частности, в области современных энергетических установок и движительных комплексов.

На основании этого отечественные судовладельцы предпочитают импортное оборудование для заказанных ими гражданских судов. Военное кораблестроение (например, неатомное подводное) утрачивает конкурентные перспективы – за рубежом оно переходит на безвоздушные энергетические установки.

Для снижения рисков критического развития отечественного судового машиностроения целесообразно принять следующие меры:

- восстановить и объединить научный, конструкторский и технологический потенциал судового машиностроения на основе развития деятельности отраслевых (ЦНИИ судового машино-

строения, ЦНИИ «Сириус» и т.д.) и внеотраслевых организаций. При этом важным звеном этого потенциала может стать университетская наука в форме технопарков;

- провести структурные преобразования в промышленном секторе судового машиностроения на основе принципов частно-государственного партнерства, концентрируя отраслевые и внеотраслевые машиностроительные активы, а также развивая рыночно ориентированные средние и малые бизнес-структуры нового поколения;

- расширить рынок инновационной продукции судового машиностроения за счет законодательных преференций малому флоту (промысловому, транспортному, туристическому) и его инфраструктуре как заказчикам.

Многогранность, сложность и важность проблемы развития судового машиностроения требует, по нашему мнению, разработки специального раздела в стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2030 г. и соответствующей Федеральной целевой программы с государственным участием в финансировании. ■



*Спуск на воду танкера «TEATRALNY BRIDGE» дедвейтом 47400 т, 28 октября 2005 г.*



# *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](http://www.admship.ru), e-mail: [info@ashipyards.com](mailto: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](http://www.admship.ru), e-mail: [info@ashipyards.com](mailto:info@ashipyards.com)

**З**начимость трехмерной модели для ВМФ. К настоящему времени специалисты КБ ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» сформировали трехмерную модель корпусных конструкций головного корабля и завершают поэтапное моделирование оборудования, систем трубопроводов и вентиляции, магистральных электротрасс. Наличие достаточно детальной трехмерной модели позволяет решать значительный круг вопросов в интересах ВМФ на этапе эксплуатации и ремонта корабля.

Так, на этапе эксплуатации корабля трехмерная модель позволяет на более высоком качественном уровне разрабатывать рабочие инструкции для экипажа корабля по действиям в нештатных ситуациях, а также является основным источником графической информации для насыщения иллюстрациями Интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР). Точность и правильность действий экипажа в нештатных ситуациях играет определяющую роль в жизнеобеспечении корабля. Наличие трехмерной модели боевых постов позволяет заранее спрогнозировать и смоделировать осуществимость мероприятий, предусмотренных в инструкциях по нештатным ситуациям. При этом появляется возможность использовать виртуальный манекен человека, который может полностью соответствовать реальным антропометрическим характеристикам члена экипажа. Такой манекен позволяет проанализировать физические нагрузки, действующие на членов экипажа при выполнении операций в нештатных ситуациях.

На этапе эксплуатации трехмерная модель может применяться и при выполнении ТО и мелкого ремонта корабля в походе. При решении боевой задачи весьма вероятны ситуации, сопровождающиеся выходом из строя критически важного оборудования корабля. В этих случаях его командир, используя трехмерную модель, может выдать заявку на поставку необходимого оборудования и доставку его непосредственно на корабль или в ближайший порт. При этом такая заявка может выдаваться не только в базу приписки корабля, на которой имеется полный комплект ремонтной документации, но также в любую другую базу. Подобная заявка содержит атрибутивную информацию с характеристиками элементов систем корабля, а также геометрические характеристики (точки монтажа и крепеж соединений), которые играют ключевую роль в оперативности восстановления боевой готовности корабля.

Наиболее наглядным применением трехмерной модели на этапе эксплуатации служит экспорт трехмерных

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРАБЛЯ

**А.В. Рудаков**, главный конструктор ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,

**Г. Н. Муру**, главный инженер ФГУП «51 ЦКТИС»,

**В.С. Трубицын**, начальник бюро ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,

**В.А. Стародубов**, руководитель направления ЗАО «НовИТ СПб»

изображений в иллюстрированные каталоги ЗИП (запасные части, инструмент, принадлежности). Наличие иллюстрированного каталога ЗИП позволяет значительно повысить эффективность процессов взаимодействия ВМФ с поставщиками оборудования. Формирование заявок на поставку предметов ЗИП, содержащих фактические геометрические параметры, способствует заметному сокращению количества ошибочных поставок.

На этапе ремонта трехмерная модель позволяет сократить сроки и стоимость выполнения ремонтных работ. Так, в настоящее время при разработке дефектационной ведомости выполняется большой объем работ по первичному освидетельствованию и детальному осмотру объекта. Благодаря наличию у специалистов-ремонтников трехмерной модели значительную часть работ по разработке дефектационной документации можно перенести с объекта на берег и выполнить еще до прихода корабля в ремонтную базу. Основную трудоемкость в процессе ремонта корабля составляют демонтаж и замена крупногабаритного оборудования. Трехмерная модель позволяет, не посещая объект, моделировать на виртуальном прототипе реализацию демонтажных/монтажных работ, определять последовательность технологических операций, объем требуемой оснастки и т.д.

Как видно, для решения задач ВМФ особую важность играет не только детальность трехмерной модели, но и ее точность – идентичность модели фактическому состоянию корабля. В терминологии концепций CALS и управления жизненным циклом изделия

(PLM) необходим особый информационный взгляд на изделие, который можно интерпретировать как получение ответа на вопрос, «как построено». Одним из составляющих данного информационного представления является трехмерная модель, которая в точности должна соответствовать реальному объекту.

**Модель в представлении «как построено».** Трехмерная модель имеет значение не только для решения задач ВМФ, но и при строительстве корабля на верфи, поскольку является ключевым технологическим элементом. В частности, на «Северной верфи» именно трехмерная модель является основным источником информации для производственно-технологических комплексов Плаз ПК и Труботех/СВ. Качество выполняемых с помощью этого комплекса работ по автоматизированной подготовке производства, расчету гибки, генерации технологического эскиза, генерации программ гибки на станок с ЧПУ напрямую зависит от точности трехмерной модели корабля. Кроме того, наличие такой модели позволяет выпускать новые по содержанию и качеству рабочие чертежи, содержащие наглядную информацию, доступную для понимания рабочими, имеющими невысокую квалификацию.

Однако разработанная специалистами КБ «Северной верфи» модель выполнена в номинальных размерах РКД проектанта, что характеризует информационное представление объекта в терминологии CALS – «как спроектировано». Безусловно, в процессе строительства корпусных конструкций и установки элементов насыщения по

технологическим причинам происходят смещения, приводящие к расхождению фактического состояния корабля и его трехмерной модели. Выдача в этом случае в комплекс Труботех/СВ исходной информации из трехмерной модели вида «как спроектировано» приведет к некоторому проценту брака при изготовлении труб в автоматизированном режиме.

Избегать подобного можно за счет уточнения трехмерной модели по фактическому состоянию корабля и доработки модели от представления «как спроектировано» до «как построено». Одним из технологических приемов, позволяющим определять с требуемой точностью фактические пространственные параметры и положение всех элементов корабля, включая корпусные конструкции, места стыковки труб, геометрию прохождения кабельных трасс и вентиляционных каналов, является технология обратного инжиниринга.

**Технологии обратного инжиниринга.** Под технологией обратного инжиниринга будем понимать совокупность средств и методов получения трехмерной информации с реально существующего объекта. В настоящее время в России доступны четыре разновидности технологии обратного инжиниринга с применением следующего оборудования:

- тахеометров;
- трехмерных сканеров;
- фотограмметрии;
- контактных измерительных машин.

*Технология с применением тахеометров* основана на принципе лазерного дальномера и априорно, исходя их технических характеристик применяемого тахеометра (0,5 угл. секунды) и расстояния до измеряемых точек (2–10 м), позволяет добиваться точности измерений с погрешностью  $\pm 0,1-0,2$  мм.

*Технология с применением трехмерных сканеров* также основана на принципе лазерного дальномера, благодаря чему можно получать информацию от объекта с точностью 4–5 мм на удалении 50 м, точность измерения дальности составляет  $\pm 4$  мм, частота скани-

рования – 1800 измерений в секунду.

*Технология с применением фотограмметрии* основана на проецировании интерференционных полос и считывании информации при помощи двух цифровых камер. Измерения проводятся с нескольких отдельных видов. Трехмерная координата для каждой полученной точки изображения вычисляется при помощи цифровой обработки изображения. Самоклеящиеся маркеры, случайным образом распределенные по поверхности объекта, позволяют трансформировать каждый вид в систему координат объекта с точностью  $\pm 0,25$  мм.

*Технология с применением контактных измерительных машин* характеризуется высокой точностью измерений – до 0,015 мм. В общем виде контактная измерительная машина представляет собой небольшой лазерный сканер, крепящийся на специальном оборудовании. Сканирование больших деталей с применением контактных измерительных машин представляет собой довольно трудоемкий процесс, так как лазерная головка имеет сравнительно небольшую область сканирования. При этом сканирование выполняется в единой системе координат, вследствие чего удается избежать дополнительной погрешности при совмещении отдельных групп точек.

Для определения применимости перечисленных технологий обратного инжиниринга при решении судостроительных задач было проведено их сопоставление по трем критериям (табл.1):

- точность получаемой информации от объекта;
- габаритные размеры снимаемого объекта;
- трудоемкость получения информации от объекта.

Как показало сравнение, технология с применением фотограмметрии имеет неудовлетворительные показатели по критерию трудоемкости получения трехмерной информации об объекте. Ее использование требует большого объема подготовительных работ по расклейке на объекте марке-

ров. Кроме того, технология существенно зависит от локальной освещенности объекта, что в судостроении зачастую обеспечить невозможно. Технология обратного инжиниринга с применением контактных измерительных машин хорошо подходит для получения трехмерной информации от локальных объектов, несопоставимых по размерам с кораблем, и в связи с этим имеет ограниченную область применения в судостроении. Технология с применением тахеометров обладает требуемой точностью, но трудоемка при получении большого количества измерений объекта. Технология трехмерного сканирования по сравнению с тахеометрами уступает по критерию точности, однако имеет значительные преимущества по трудоемкости. Основное преимущество технологии с применением сканера по сравнению с другими рассматриваемыми технологиями – это возможность определения пространственных координат сотен и даже нескольких тысяч точек нерегулярных поверхностей практически в реальное время (рис.1).

Таким образом, наиболее рациональной при решении судостроительных задач с точки зрения введенных критериев оказалась «связка» технологий трехмерного сканирования и тахеометра.



Рис.1. Трехмерный сканер

Таблица 1

**Сопоставление применимости технологий обратного инжиниринга**

Критерий	Технология			
	Тахеометры	Лазерные сканеры	Фотограмметрия	Контактные измерительные машины
Точность измерений	< 1 мм	4–5 мм	< 1 мм	< 1 мм
Габариты объекта	Любые	Любые	Не большие	Локальные
Трудоемкость измерений	Приемлемая	Низкая	Высокая	Высокая



*ОАО СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД  
«СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»*

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



**Получение фактической трехмерной информации об объекте.** Уточнение трехмерной модели проводилось в двух самых насыщенных помещениях корабля – кормовом машинном отделении (КМО) и носовом машинном отделении (НМО). В КМО от одной точки стояния трехмерного сканера был получен один скан, содержащий около 3 млн. точек, что достаточно полно характеризующие фактическое состояние помещения в ходе строительства (рис.2).

В НМО было выполнено два скана с двух точек стояния. Для сшивки сканов использовались специальные марки (рис.3,а), координаты которых уточнялись с применением тахеомет-

ров. В результате сшивки двух сканов общее число точек, характеризующих фактическое состояние НМО, составило около 5 млн. Привязка координат полученных «облаков точек» к корабельной системе координат осуществлялась через базовые и контролируемые точки объекта, которые обозначались с помощью визирных целей, прецизионных марок и специальных жезлов для скрытых точек (рис.3,б). В качестве базирующих элементов корабельной системы баз использовались контрольные керны базовых ДП, контрольные линии от ОП и ДП, а также усредненное фактическое положение переборок отдельных шпангоутов. Система координат кораб-

ля была задана как правая декартова система, в которой ось  $X$  направлена в нос, ось  $Y$  – на левый борт, а ось  $Z$  – вверх.

Марки также играют важную роль в уравнивании отдельных «облаков точек» и создании пространственной связи между «облаками точек» КМО и НМО. На рис.4 представлены результаты сканирования помещений КМО и НМО корабля после объединения сканов в единое «облако точек».

Полученные «облака точек» содержат полную информацию о текущем состоянии монтажных работ в помещениях. С помощью специального программного обеспечения, входящего в комплект технологии трехмерного сканирования, имеется возможность получать фактические модели установленных на корабле трубопроводов. На рис.5 приведен пример моделей трубопроводов, созданных по облаку точек.

Для уточнения трехмерной модели корабля, разработанной по чертежам проектанта, отсканированные «облака точек» помещений КМО и НМО были конвертированы в систему FORAN, после чего был выполнен анализ отступлений, допущенных в ходе строительства корабля (рис.6). Одной из проблем, решенных в ходе конвертирования данных, было то, что технология трехмерного сканирования оперирует точками и поверхностями, а система FORAN – твердотельными моделями.

Анализ отступлений показал, что расхождение основных точек присоединения рабочей среды в имеющихся моделях помещений КМО и ДГО с их фактическим расположением составляет 10–50 мм (рис.7).

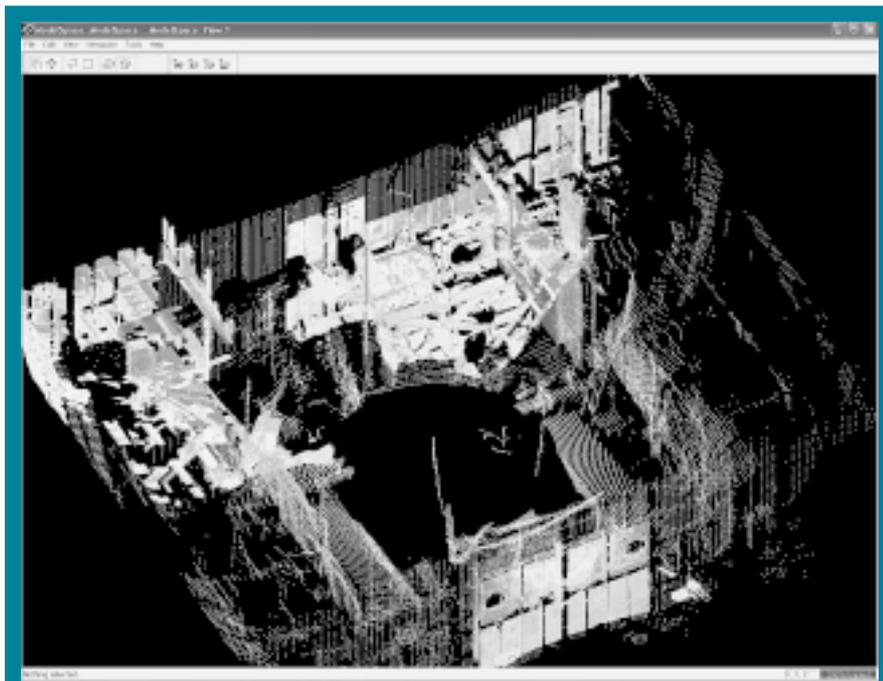


Рис. 2. «Облако точек» фактического состояния КМО

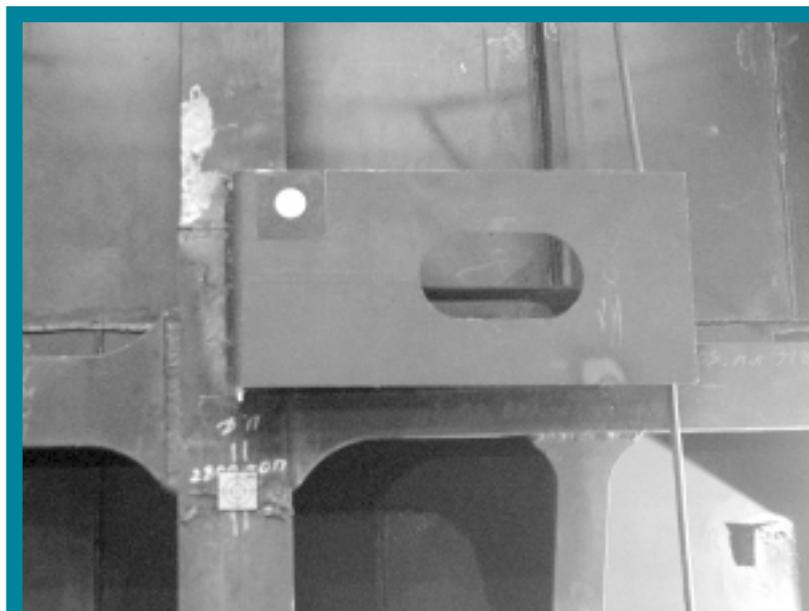


Рис.3а. Специальные марки



Рис.3б. Визирные цели

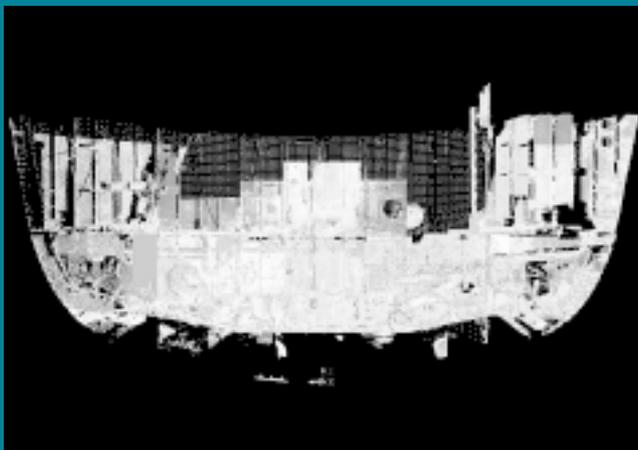


Рис.4. Сведение «облаков точек» КМО и НМО в единое «облако»

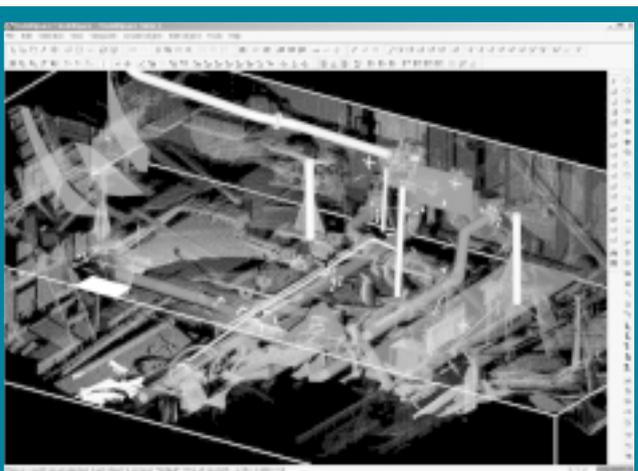


Рис. 5. Моделирование фактического состояния трубопроводов в «облаке точек»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конвертирование данных из «облаков точек» в систему FORAN позволило доработать трехмерную модель помещений КМО и НМО корабля головного заказа до состояния «как построено» (рис.8).

Опыт выполненных ра-

выявление несанкционированных пересечений. В результате формируется трехмерная модель в представлении «как спроектировано», которая служит основой для разработки рабочей конструкторской документации на корабль;

этап 2 – доработка трехмерной модели в представлении «как спроектировано» до модели фактического состояния построенного корабля. В результате формируется трехмерная модель в представлении «как построено», которая служит основой для решения задач ВМФ на этапе эксплуатации и ремонта.

Реализовать на практике описан-

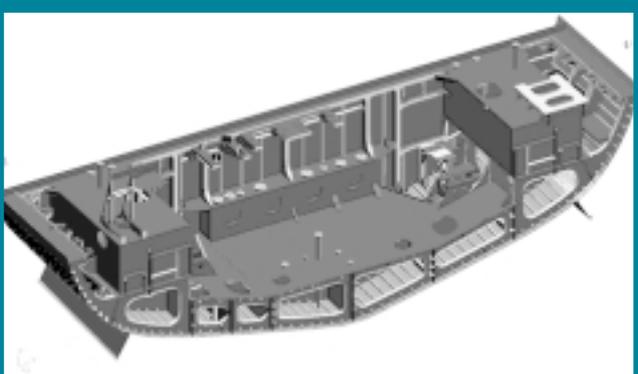


Рис.6. Модель помещения в системе FORAN



Рис.7. Расхождение модели «как спроектировано» и фактических координат точек присоединения рабочей среды

бот показал, что в случае вынужденного отхода от основной идеи CALS – безбумажной технологии сопровождения изделия на всех этапах жизненного цикла процесс формирования трехмерной модели корабля можно разделить на два четко определенных этапа:

этап 1 – формирование трехмерной модели корабля с целью отработки возможных ошибок в двухмерных чертежах проектанта и



Рис.8. Уточненная модель помещений до представления «как построено»

ные в статье методы работы можно путем включения в технологический процесс строительства корабля мобильной бригады, оснащенной технологией обратного инжиниринга. Это позволит по ходу строительства серии кораблей одного проекта дорабатывать теоретическую трехмерную модель до модели фактического состояния каждого заказа. ■

*С.И. Овсянников, главный конструктор  
ФГУП «Северное ПКБ»*

**В** 2006 г. исполняется 60 лет со дня основания ЦКБ-53 – ныне ФГУП «Северное проектно-конструкторское бюро» (СПКБ). Его коллективу суждено было стать ведущим конструкторским бюро по надводному кораблестроению.

Первый в мире газотурбинный надводный корабль пр. 61; мощный, с большим модернизационным потенциалом эсминец пр. 41; атомный ракетный крейсер пр. 1144 и другие неординарные корабли – вот основные вехи пути становления и развития СПКБ.

В наши дни возрождения Российского ВМФ специалисты СПКБ, достойно продолжая советскую школу создания сложнейших военно-инженерных комплексов, проектируют корабли, отвечающие самым жестким требованиям и условиям эксплуатации, способные выполнять разнообразные задачи в любой точке Мирового океана. На них предполагается установка новейших вооружения, радиоэлектронного оборудования, систем и механизмов. Большое внимание уделяется улучшению условий обитания личного состава.

Сегодня СПКБ может представить на мировой рынок также весь комплекс инжиниринговых услуг по наиболее востребованным классам кораблей – от разработки проектов до комплекта рабочих чертежей для заводов-строителей и технического сопровождения строящихся кораблей, а также оказание учебно-консультационных услуг в подготовке экипажей кораблей, построенных по проектам бюро.

Особый спрос на мировом рынке вооружений в ближайшие годы прогнозируется на такие корабли, как эсминцы и корабли «прибрежной зоны» – фрегаты, корветы, боевые катера. С большой долей вероятности можно утверждать, что корабли этих классов в недалеком будущем составят основу большинства флотов мира.

Ориентация многих стран-импортеров на корабли класса «фрегат» (многоцелевые корабли водоизмещением 2000–4000 т) понятна и очевидна. Именно фрегаты, по сравнению с надводными кораблями даже более крупного водоизмещения (а, следовательно, и более дорогими), при минимуме затрат не менее эффективно решают различные боевые задачи. Это охрана и контроль морских районов в мирное время, а в период локальных конфликтов – противолодочная и противовоздушная противоракетная оборона, как самостоятельно, так и в составе оперативных соединений.

Корветам (сторожевым кораблям водоизмещением 500–2000 т) также отводится важное место в составе современных (особенно «малых») флотов. По экспертным оценкам, в бли-

жайшее время они займут до 25 % рынка легких надводных кораблей. При дальнейшем развитии образцов вооружения, направленном прежде всего на снижение их массогабаритных характеристик, корветы в свою очередь будут развиваться как многоцелевые корабли, способные решать задачи, характерные для более крупных надводных кораблей – от ударных до поиска и уничтожения подводных лодок. Последнее становится все более возможным, учитывая способность кораблей небольшого водоизмещения приема на борт легких вертолетов.

Учитывая современные тенденции рынка морских вооружений, СПКБ предлагает новый типоряд корветов и патрульных катеров. Все они спроектированы с учетом технологии «Стелс», применение которой позволяет в максимальной степени снизить радиолокационную заметность корабля, делая его малозаметным для средств обнаружения противника. Это достигается, в числе прочего, за счет оригинальной архитектуры корпуса и надстройки, скрывающей пусковые комплексы ударного и зенитного вооружения, а также применения технических средств и оборудования, расположенных на палубе корабля, и ряда других мероприятий.

Специалисты СПКБ в ходе нового проектирования выполняют надстройки корабля в виде монолитного единого блока с корпусом с большими углами наклона стенок. Это исключает образование корабельными конструкциями трехгранных радиолокационных отражателей. Сканирующий луч поисковой РЛС противника при этом рассеивается, и отраженный сигнал приходит сильно ослабленным. Благодаря принимаемым мерам, эффективная площадь рассеяния корабля, спроектированного с учетом технологии «Стелс», снижается в несколько раз по сравнению с кораблями традиционной архитектуры аналогичного водоизмещения. Это, в свою очередь, уменьшает дальность обнаружения корабля примерно в полтора раза, повышает эффективность работы активных и пассивных средств радиоэлектронного подавления и существенно увеличивает защищенность корабля от поражения противокорабельными ракетами с радиолокационными головками самонаведения.

Проекты корветов СПКБ имеют и другие отличительные особенности, в том числе возможность интеграции в

систему вооружения российского корвета любых иностранных комплексов вооружения. Однако для этого необходимо выполнение ряда условий. Прежде всего нужно чтобы они не были системообразующими, т.е. выполняли ограниченные функции. Это могут быть, например, отдельные средства вооружения, управления оружием, комплексы связи. Также по своим характеристикам (точности, дальности действия, помехозащищенности) иностранные комплексы должны совмещаться со средствами российского производства, а их установка – не требовать значительных конструктивных изменений российских средств, с которыми они взаимодействуют, и обладать стандартными цифровыми интерфейсами для сопряжения с отечественным вооружением. Должны быть исключены и значительные изменения в конструкции корабля.

Возможна интеграция оборудования энергетических установок и энергетических систем западного производства.

На корветах СПКБ могут быть использованы легкие вертолеты как отечественного, так и зарубежного производства. Для этого на кораблях предусматриваются все необходимые средства: взлетно-посадочная площадка, телескопический ангар с гидравлическим приводом открытия ворот (по типу конструкций, применяемых на эсминцах пр. 956), устройство транспортировки вертолета с посадочной площадки в ангар и обратно, стартово-командный пункт управления, средства для проведения регламентных работ, устройства хранения и подачи топлива.

Типичным представителем этого нового класса кораблей можно считать разработанный СПКБ проект корвета водоизмещением 1800 т. Он предназначен для ведения активных боевых действий против надводных кораблей и подводных лодок противника, отражения атак средств воздушного нападения, защиты кораблей и судов на переходе морем, охраны и огневой поддержки десанта, контроля территориальных вод.

Этот корвет обладает широкими боевыми возможностями, оснащен универсальным ракетным комплексом «CLUB-N» с противокорабельными и противолодочными ракетами «3М-54Э» с боевой частью массой 200 кг. Противолодочная ракета «91РЭ» имеет самонаводящуюся ма-

логабаритную торпеду с глубиной поражения до 600 м.

Для защиты от средств воздушного нападения на дальностях до 40 км на корвете предусмотрен зенитный ракетный комплекс «Штиль-1» с двумя пусковыми установками вертикального старта и новейшей системой управления. Для поражения надводных и береговых целей, а также воздушных низколетящих целей на корабле установлены артиллерийские комплексы калибром 100 и 30 мм с собственной радиолокационной системой управления.

Борьба с подводными целями может осуществляться не только с помощью ракет «91РЭ», но также с помощью обычных торпед и противолодочного вертолета.

Оригинальной особенностью корвета является схема компоновки главной энергетической установки. В качестве маршевых двигателей предусмотрены два дизель-редукторных агрегата, работающих на винты фиксированного шага. В качестве форсажного двигателя предусмотрен один газотурбинный агрегат, работающий на бустерную установку. Такое решение позволило достичь скорости полного хода 27 уз и дальности плавания экономическим ходом более 3500 миль.

Представителем кораблей меньшего водоизмещения считается корвет водоизмещением 1350 т, предназначенный для охраны судов и коммуникаций от надводных кораблей и подводных лодок, сопровождения и огневой поддержки десанта, несения патрульно-пограничной службы.

В проекте этого корабля предусмотрен тот же ударный комплекс «CLUB-N», что и на корвете водоизмещением 1800 т, поэтому ударные возможности обоих кораблей одинаковы. Минимизации водоизмещения удалось достичь за счет применения более легких и менее энергоемких образцов вооружения иного назначения. Так, в качестве зенитного ракетно-артиллерийского комплекса применен «Каштан-М» (48 зенитных управляемых ракет и 4000 30-мм артиллерийских выстрелов).

Для стрельбы по надводным, береговым и воздушным целям на корабле предусмотрен комплекс в составе 100-мм артиллерийской установки и радиолокационной системы управления. Противолодочное вооружение (помимо ракет «91РЭ») дополняется торпедными аппаратами и противолодочным вертолетом.

Схема главной энергетической установки такая же, как на корвете водоизмещением 1800 т. Она обеспечивает кораблю скорость полного хода 30 уз и дальность плавания более 4000 миль.

Экспортный катер пр. ПС-500 положил начало одному из важнейших в наши дни направлений в деятельности СПКБ – разработке проектов патрульных катеров водоизмещением около 600 т.

Катера, проектируемые в настоящее время специалистами бюро, имеют высокую маневренность, могут эксплуатироваться на мелководье и развивать высокую скорость – до 37 уз, что обеспечивается за счет использования дизель-газотурбинных установок и водометных движителей. Дальность плавания – до 3000 миль. В качестве ударного ракетного комплекса на катерах применяется комплекс «Уран-Э» (восемь противокорабельных ракет с дальностью стрельбы более 100 км), артиллерийские установки калибром 76 или 100 мм, торпедные аппараты, ракетно-артиллерийские установки «Каштан-1» либо «Вихрь-К», крупнокалиберные пулеметы, комплексы обнаружения радиоизлучения и постановки помех, гидроакустическая станция, радиолокационные станции общего обнаружения.

Особенно привлекает потенциальных заказчиков высокий модернизационный потенциал, которым обладают катера, что позволяет варьировать состав их вооружения и оборудования в процессе серийного строительства и создавать на единой платформе корабли различного назначения в зависимости от поставленных задач и потребностей рынка.

Новым направлением в деятельности бюро является разработка проектов десантных кораблей. К настоящему моменту разработаны проекты средних десантных кораблей водоизмещением от 1400 до 1700 т для обеспечения высадки десанта и боевой техники на необорудованное побережье при волнении моря до 3 баллов. Дальность плавания при экономическом ходе в 14 уз составляет порядка 2500 морских миль, десантместимость – пять боевых основных танков (массой до 55 т) и до 200 чел. десанта. Для уничтожения сил противника на берегу при поддержке высадки десанта на корабле предусмотрены две реактивные установки залпового огня «Огонь». Решение задач противовоздушной самообороны осуществляется двумя 30-мм артиллерийскими установками и переносными зенитными комплексами «Игла». Возможна установка на корабле площадки для легкого вертолета, который может существенно расширить возможности обеспечения десантных операций.

В настоящее время после 15-летнего перерыва на ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» подготавливается производство для строительства на его стапелях новей-

шего отечественного фрегата. Фрегат, проект которого разработан СПКБ, воплощает последние достижения отечественной промышленности в области надводного кораблестроения, радиоэлектроники и машиностроения. Передача корабля Российскому флоту планируется до 2010 г.

В новых экономических условиях особенно актуальной стала необходимость гибко реагировать на конъюнктуру рынка, отвечать запросам потенциальным заказчиков, поэтому одними из важных направлений бюро становится проектирование гражданских судов различного назначения: сухогрузы, пассажирские суда, быстроходные паромы, катера различного типа.

Достаточно сказать, что за последние 10–15 лет СПКБ приобрело определенный опыт в этой области. Так, в 1994–1996 г. в рамках программы «Возрождение флота» бюро представило более 20 различных технических предложений. Среди них – проекты большого морозильного (пр. 70670) и среднего морозильного (пр. 13010) рыболовных траулеров и рефрижератора пр.12850 (главный конструктор – В.П. Мишин, заместитель главного конструктора – И.М. Шрамко).

Наряду с проектированием судов СПКБ выполнило проектные работы по таким оригинальным сооружениям, как плавучие гостиницы. В 1991 г. под руководством В.Е. Юхнина и В.А. Перевалова было завершено проектирование плавучей гостиницы на 1800 чел. «Jsland», а вслед за ней был разработан проект плавгостиницы для р.Волга (главный конструктор – В.И. Мухихин).

С образованием после распада СССР северо-западного анклава – Калининградской области – перевозка грузов и пассажиров стала осуществляться в транзитном сообщении через независимые государства Латвию и Литву. В связи с этим назрела необходимость организации круглогодичного паромного сообщения с Калининградом.

В 2002 г. СПКБ при участии и научно-техническом сопровождении ЦНИИ Морского флота в инициативном порядке разработало предконтрактную документацию на паром нового поколения для работы в Балтийском бассейне (пр. АПМ-130/300). Судно предназначается для перевозки подвижного железнодорожного состава (пассажирские и грузовые вагоны, платформы, рефрижераторные секции, цистерны) с шириной колеи 1435 и 1520 мм (до 134 вагонов), автотранспорта (до 140 автотрейлеров вместо железнодорожных вагонов), пассажиров в каютах, а также для перевозки опасных грузов, предполагается для



## 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.

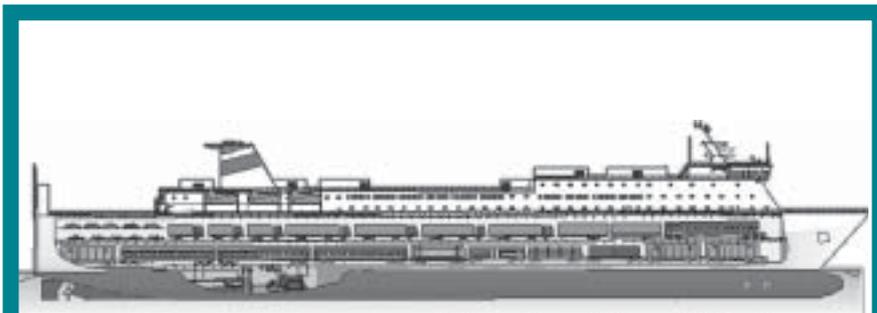
Обладая высоким научно-техническим потенциалом, Бюро предоставляет услуги по разработке проектов судов и обеспечению их строительства на российских и зарубежных верфях:

- 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.



**Паром АПМ-130/300**  
Автор рисунка В.С. Семенов

эксплуатации на линиях между балтийскими портами России, Германии, Швеции, Финляндии, имеющими специализированные причалы для многоцелевых паромов.

Сложность проектирования быстроходного парома обуславливалась тем, что в отличие от морских грузовых судов, обслуживающих иные транспортно-технологические системы, например, пакетные или контейнерные, для железнодорожных паромов особо важную роль приобретает комплексность обоснования архитектурно-конструктивного типа судна, его параметров и характеристик береговых сооружений.

Паром является двухвинтовым судном с двумя грузовыми палубами, с двойными бортами в трюме, с кормовым машинным отделением и кормовым водонепроницаемым закрытием «гильотинного» типа.

Для проведения погрузочно-разгрузочных операций на пароме установлено по шесть железнодорожных путей на верхней и главной палубах, стрелочный перевод, системы торможения и крепления вагонов, а также автоматизированная антикреновая система, обеспечивающая при проведении грузовых операциях крен не более 3°.

Судовые помещения оборудуются всем необходимым для комфортного пребывания на судне пассажиров и экипажа.

Главная энергетическая установка мощностью 23 040 кВт, состоящая из двух дизель-редукторных агрегатов, каждый из которых работает на винт регулируемого шага, обеспечивает парому скорость около 19 уз.

Особо следует остановиться на обеспечении непотопляемости парома. После аварий и гибели накатных судов (паром «Эстония») ужесточились требования к их живучести, особенно судов с горизонтальным способом грузоперевозки. В частности, судно, совершающее регулярные рейсы между портами Балтийского моря, должно удовлетворять специальным требованиям регионального соглашения – «Балтийской конвенции», принятым в соответствии с Резолюцией 14 Кон-

венции СОЛАС-95. При невыполнении этих требований администрация порта страны, подписавшей это Региональное соглашение, вправе не допускать паром к грузообработке.

Выполненные СПКБ расчеты аварийной посадки и остойчивости парома показали, что для внешних торговых линий (с учетом выполнения требований Регионального соглашения) оптимальной загрузкой судна будет такая, когда железнодорожные составы грузятся только на вторую палубу, а на верхней перевозятся накатные грузы. Необходимо отметить, что при такой структуре грузоперевозок отпадает необходимость в двухуровневой береговой эстакаде, что значительно удешевляет торговые терминалы.

На базе парома пр. АПМ-130/300 ФГУП «Северное ПКБ» и ЗАО «ЦНИИ Морского флота» выполнили предконтрактную проработку парома меньшей грузоподъемности. Судно может перевозить на главной палубе около 30 железнодорожных вагонов и автотранспорт – на верхней (около 200 легковых автомобилей). Несколько меньше и скорость судна – 16 уз.

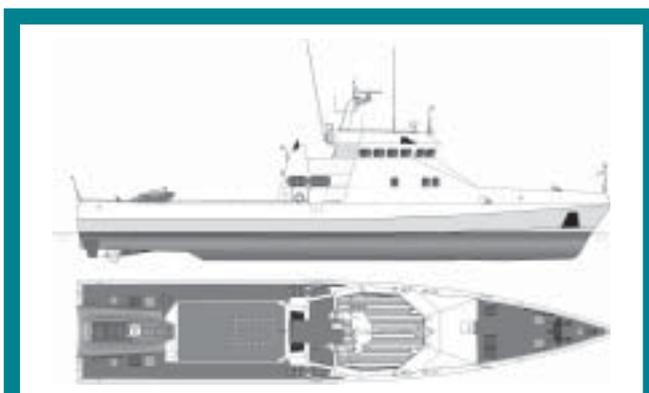
Также СПКБ разработан ряд контейнеровозов вместимостью от 450 до 1700 20-футовых контейнеров (TEU) и скоростью хода от 15 до 20 уз. Суда оснащены собственными грузовыми устройствами, что позволяет им проводить погрузочно-разгрузочные операции на необорудованном побережье.

Кроме этого, портфель предложений СПКБ составляют сухогрузные суда и танкера (в том числе смешанного плавания) различной вместимости, суда ледового плавания, предназначенные для работы в арктических морях, как с обычными винто-рулевыми комплексами, так и с азимутально-поворотными (Азипод), рефриже-

раторы, рыболовные траулеры, круизные суда.

Интересен проект пожарного катера. При сравнительно малом водоизмещении (около 200 т) он оснащен тремя лафетными стволами, оборудованные мониторами типа «Пурга-330М», суммарной подачей 45000 л/мин и дальностью выброса пены до 110 м, а также системой водяного орошения, защищающей катер от огня.

Одной из последних работ, воплощенной в металле, стал катер-снабженец буровых платформ, спроектированный для Казахстана (пр.22180). Катер водоизмещением около 180 т оборудован быстроходным жестко-надувным катером, установленным на кормовом слипе, краном-манипулятором и другим специальным оборудованием. На базе этого проекта возможно создание пожарного, патрульного, лоцманского вариантов и, наконец, разъездного катера с каютами повышенной комфортности для VIP-персон.



**Катер-снабженец многофункциональный**  
Автор рисунка Д.В. Курочкин

Северное ПКБ за свою шестидесятилетнюю историю накопило огромный опыт проектирования надводных кораблей и судов практически всех классов – от катера до атомного ракетного крейсера.

В современных условиях коллектив бюро способен оперативно работать с любыми потенциальными заказчиками, максимально учитывая их требования по вооружению и комплектующему оборудованию. Связи СПКБ с зарубежными фирмами, работающими в этих областях, позволяют учесть любые пожелания заказчика, осуществить авторский надзор за строительством и сервисное обслуживание заказа.

Имея обширный портфель заказов, СПКБ объективно занимает лидирующее место на мировом рынке военно-морской техники. Востребованность проектов ФГУП «Северное ПКБ» основано на том опыте, который был накоплен и сейчас успешно реализуется в целом ряде отечественных заказов, экспортных проектов и предлагаемых услуг. ■

**Н**аиболее трудоемкой частью работ по ремонту любого судна являются очистка от водорослей и ракушек, окраска и ремонт подводной части его корпуса, а также винто-рулевого комплекса и донно-бортовой арматуры. Однако, прежде чем приступить к таким работам, необходимо осушить подводную часть корпуса судна. Вначале, когда суда были сравнительно небольшими, довольствовались примитивными способами и средствами выполнения этой операции, такими, как вытаскивание на берег при помощи катков и ворот, выморозки и кренования [1].

Увеличение размеров судов привело к необходимости совершенствования способов и средств проведения таких операций. Для этого стали применять более сложные технические средства, названные судоподъемными сооружениями: склизы, слипы, эллинги, вертикальные подъемники, приливные, наливные и сухие доки. Последними из судоподъемных сооружений в начале XVIII в. появились плавучие, которые в силу ряда своих неоспоримых преимуществ довольно быстро заняли ведущее место.

Первый подъем плавучим судоподъемным сооружением корабля для его ремонта был осуществлен на кронштадтском рейде во время царствования Петра I. Для этого был использован корпус корабля «Camel» (рис.1). Вместо его срезанной кормовой оконечности и снятых палуб был установлен водонепроницаемый затвор, что после ввода корабля и откачки воды из образовавшегося бассейна позволило осушить подводную часть для выполнения ремонтных работ [2].

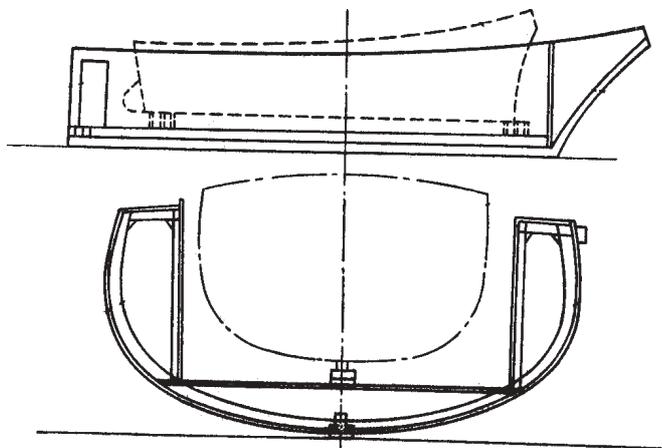


Рис.1. Схема использования камели для осушения подводной части корабля

Автор этого изобретения так и остался неизвестен, и все плавучие сооружения подобного типа в Европе, независимо от их назначения и конструкции, долгое время назывались «камелями» – по названию корабля, корпус которого был использован для этой операции. Только в XIX в. стал использоваться термин «плавучий док» от английского Dock, означающего искусственный бассейн, по аналогии с терминами «мокрый док» и «сухой док». К этому же времени после изобретения Г. Жильбером плавучего судоподъемного сооружения, названного им «балансирный док» [3], плавучие судоподъемные сооружения приобрели сохранившийся практически без изменений до настоящего времени классический облик – понтона с двумя башнями (рис.2).

## ПЛАВУЧИЕ СУДОПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В СУДОРЕМОНТЕ И СУДОСТРОЕНИИ

**А.Г. Смирнов**, канд. техн. наук,  
ФГУП ЦМКБ «Алмаз»



Рис.2. Двухбашенный плавучий док

Основной целью совершенствования плавучих судоподъемных сооружений было создание дешевого стапельного места. При этом среди наиболее значимых следует отметить изобретение в середине XIX в. нашим соотечественником С. Яницким (его зарубежные специалисты считают одним из основоположников создания плавучих судоподъемных сооружений) плавучего пневматического дока (рис.3). Сущностью этого технического решения является использование сжатого воздуха для удаления балласта из отсеков, а новизна заключалась в разделении функций этого судоподъемного сооружения между его составными частями, имеющими подвижные механические соединения: понтон обеспечивает плавучесть всего сооружения, а бортовые поправки – его остойчивость [4].

Таким образом, С. Яницким был создан первый плавучий судоподъемный комплекс, состоящий из трех компонентов. Это позволило снизить материалоемкость его постройки по сравнению с традиционным.

Следующим наиболее заметным шагом для снижения материалоемкости плавучих судоподъемных сооружений было создание во второй половине XIX в. англичанином

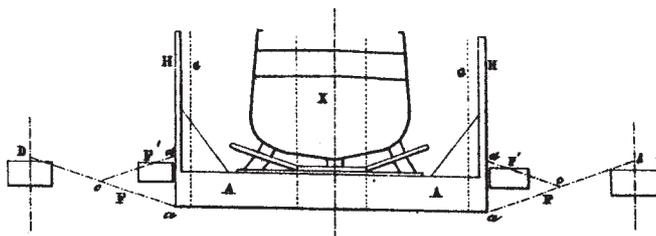


Рис.3. Схема плавучего дока С.Яницкого

Д. Станфильдом однобашенного плавучего дока [5]. Остойчивость этого сооружения в процессе его погружения или всплытия обеспечивалась креплением с помощью жестких тяг к береговым конструкциям или с помощью понтона противовеса, что также приводило к созданию плавучего комплекса, состоящего из двух компонентов (рис.4). Это техническое решение помимо снижения стоимости самого судоподъемного сооружения позволило снизить и его эксплуатационные затраты, а также приблизить условия работы в доке к условиям открытого стапеля. Поэтому на рубеже XIX–XX вв. однобашенные плавучие доки были построены во многих странах и продолжают, правда значительно реже, строиться до настоящего времени.



Рис.4. Однобашенный плавучий док

Принцип разделения функций между компонентами комплекса почти через сорок лет после С. Яницкого был также использован Ф. Клитцингом при создании плавучего судоремонтного комплекса, состоящего из док-матки и док-понтон (рис.5). Приоритет в его создании принадлежит Германии, где в начале XX в. был построен первый из них [6], а наибольшее количество таких комплексов появилось во время Первой и Второй мировых войн. При этом количество док-понтон для одной док-матки достигало восьми единиц. Наличие в составе плавучего судоремонтного комплекса одного сложного сооружения, каким является док-матка, и нескольких упрощенных компонентов в виде док-понтон позволило существенно снизить не только стоимость создания, но и эксплуатации всего судоподъемного сооружения из расчета на одно стапельное место. Такие сооружения нашли применение при



Рис.5. Вывод судна, стоящего на док-понтоне, из док-матки

значительной загрузке судоремонтного предприятия доковым ремонтом однотипных судов.

Использование док-понтон в качестве дешевого стапельного места, условия выполнения ремонтных работ на котором близки к условиям работы на открытом стапеле, а также простота его перемещений и установки в любом районе достроечной набережной, оснащенной соответствующими грузоподъемными средствами и коммуникациями, позволили применять их в сочетании с сухими доками, которые выполняют функции док-матки [7].

Другим направлением совершенствования плавучих судоподъемных сооружений, особенно в последние десятилетия, стало повышение эффективности их использования за счет создания более благоприятных условий выполнения ремонтных работ. Для этого на доках устанавливаются специальные закрытия торцов от ветра, локальные и общие укрытия от осадков (рис.6), камеры микроклимата и т.п. [8]. Венцом технических решений на этом пути явилось появление плавучих доков-эллингов, внутридоковое пространство которых полностью защищено от воздействия внешней среды (рис.7).

Создание во внутридоковом пространстве таких судоподъемных сооружений микроклимата с заданными параметрами не только улучшает условия работы, но и обеспечивает высокое качество и сокращение длительности технологических процессов, поскольку условия их выполнения практически не уступают условиям работы в цехах судостроительных или судоремонтных предприятий (рис.8).

Плавучие судоподъемные сооружения используются не только в качестве стапельного места при судоремонте, но и как передаточные средства, выполняющие операции по спуску судов с берега на воду и их подъему с воды на



Рис.6. Плавучий док с закрытием внутридокового пространства от осадков



Рис.7. Плавучий док-эллипс

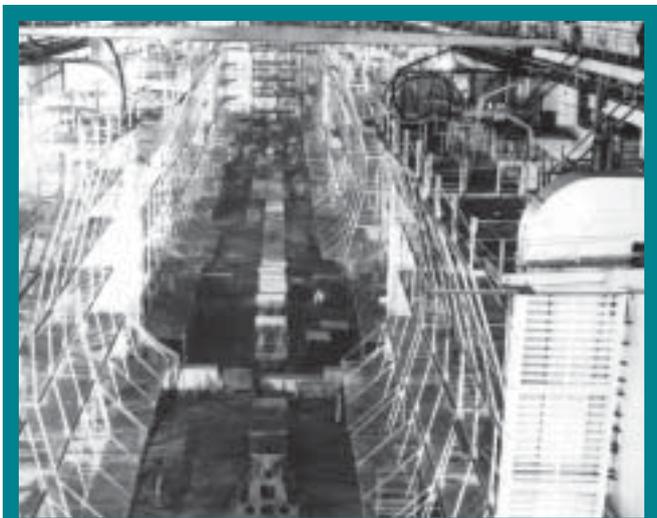


Рис.8. Внутридоковое пространство плавучего дока-эллинга

берег в составе судоремонтных и судостроительных комплексов с горизонтальными стапельными местами.

Первое, насколько известно, использование двухбашенного плавучего дока для спуска судов на воду и их подъема с воды на берег было в середине XIX в. в США на военно-морской верфи «Киттери» (рис. 9). Плавучий док размещался в бассейне на деревянных клетках, установленных на сваях. Для перемещения судна с берега на плавучий док применялись береговые лебедки, причем имела возможность не только продольного движения, но и поворота судна перед его затягиванием на док из углового по отношению к продольной оси дока положению на стапеле [9].

Несколько позднее был разработан, а затем реализован способ передачи на берег и спуска на воду судов с помощью однобашенного плавучего дока с разрезным гребенчатым понтоном (рис.10) [5]. После подъема судна из воды понтоны такого гребенчатого плавучего дока вводятся в выемки берегового стапеля для проведения ремонтных работ. В процессе притопления дока судно пересекается с доковых опор на кильблоки стапеля, а плавучий док выводится для дальнейшего использования. Один из таких доков в соответствии с полученной привилегией [10] был построен в России в конце XIX в. англичанами Л.-Э. Кларком и Д. Станфилдом для докования кораблей, в том числе броненосцев береговой обороны конструктора адмирала А.А. Попова и яхты «Ливадия».

В отечественной практике судоремонта и судостроения чаще всего применяется продольная накатка судна на передаточный плавучий док по рельсовым путям с помощью судовозных тележек (рис.11). Такой способ перемещения судов при передаче их с воды на берег и обратно с

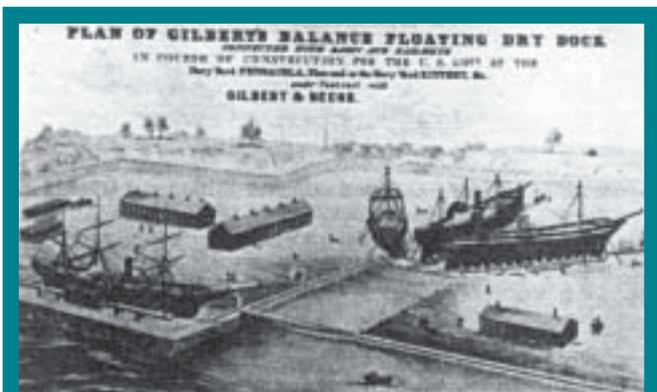


Рис.9. План размещения передаточного плавучего дока на верфи «Киттери»

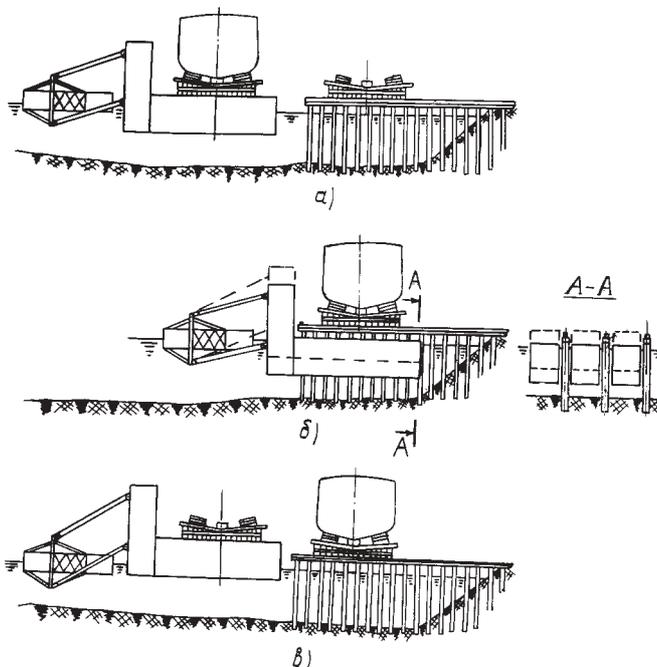


Рис.10. Схема подъема судна на береговой стапель плавучим доком с гребенчатым понтоном

помощью плавучего дока за границей называют «русским методом».

Одним из наиболее удачных можно считать вариант использования такого способа при размещении плавучего дока между двумя опорами, которыми являются уступы стенок бассейна, куда заводится док с судном. Подобный способ фиксации передаточного плавучего дока грузоподъемностью 400 т, построенного Санкт-Петербургским Металлическим заводом, был использован в 1906 г. в порту Императора Александра III для обслуживания двадцати стапельных мест [5], а более 70 лет спустя применен в Северодвинске для обеспечения спуска подводных лодок (рис.12).

На ряде зарубежных судостроительных верфей применяется поперечная система перемещения судов с берегового стапеля на передаточный плавучий док или с дока на береговые стапельные места. Для этого одна из башен дока демонтируется на период выполнения операции. При этом для перемещения судна используется судовозное оборудование на пневматическом ходу. Таким способом перемещают суда при их накатке на плавучий док в США на верфи «Инголлс шипбилдинг» [11].

Развитие блочных и блочно-модульных принципов в судостроении и судоремонте привело к использованию плавучих судоводъемных сооружений для обеспечения таких работ, как формирование корпусов судов при «бесстапельной» их постройке и размерной модернизации. В первом случае корпус судна, формируемый из стандарт-



Рис.11. Начальный этап продольной накатки судна на передаточный плавучий док



Рис.12. Завершающий этап продольной накатки подводной лодки на передаточный плавучий док

ных модулей, по мере готовности выдвигается за пределы плавучего дока ограниченной длины [12]. При размерной модернизации и ремонте судов с использованием блочно-модульного метода в плавучих доках выполнялись такие сложные работы, как замена средней части судна или установка дополнительного блока (рис.13).

В процессе испытаний и сдачи судов, особенно кораблей, подводных лодок и других сложных технических объектов, как при постройке, так и при их ремонте и модернизации, довольно часто возникают проблемы, решение которых традиционными способами существенно увеличивает сроки и стоимость этих работ. При решении одной из таких сложных задач, как испытание корпусов подводных лодок высоким гидростатическим давлением, были использованы специально оборудованные плавучие доки.

Первый плавучий док такого назначения был построен в Германии верфью «Флендер-верке» в 1918 г. Он предназначался для испытаний корпусов подводных лодок наружным давлением, соответствующим глубине погружения 80,5 м, без риска для жизни членов команды и потери самой лодки в случае неудовлетворительного исхода испытаний [13]. Этот плавучий док отличался от обычного тем, что в его диаметральной плоскости была установлена испытательная камера в виде стального цилиндра, а по обеим сторонам от нее предусматривалось по одной килевой дорожке, на которые для осмотра и ремонта могли быть поставлены еще две подводные лодки. Боковые ремонтные места повышали эффективность использования плавучего дока, в котором операции по испытанию лодок проводятся не все время.



Рис.13. Использование плавучего дока для удлинения корпуса судна

Корпус подводной лодки испытывался путем подачи воды в испытательную камеру насосами высокого давления. Команда в это время находилась внутри лодки и с помощью телефонной связи могла сообщать на пост управления дока об обнаруженных недостатках, а также в случае необходимости приостанавливать испытания.

Полвека спустя этой же верфью по заказу военно-морских сил ФРГ был построен аналогичный плавучий док-камера для испытаний корпусов подводных лодок своей страны, Норвегии и Дании [14]. Этот док позволил заменить комплексные глубоководные испытания прочного корпуса подводных лодок, изготовленных из немагнитных сталей, которые традиционно проводились методом спуска подводных лодок без команды на соответствующую глубину при помощи плавучего крана. В испытательной гидрочкаме этого дока можно создавать давление, соответствующее глубине 220 м. В отличие от своего предшественника на этом доке боковые килевые дорожки не предусмотрены (рис. 14).



Рис.14. Плавучий док-камера для испытания корпусов подводных лодок давлением

Как видно из настоящего обзора, благодаря разнообразию оригинальных технологических решений, основанных на основных принципах докования судов, плавучие судоподъемные сооружения заняли прочные позиции в судостроении и судоремонте. В статье рассмотрены только наиболее часто встречающиеся на практике примеры использования плавучих доков, которыми, конечно, не ограничиваются все возможности этих сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ловягин М.А. У истоков отечественного докостроения // Судостроение. – 1970. – № 12. – С. 61–62.
2. Лопырев Н.К. О приоритете русских в постройке плавучих доков // Судостроение. – 1950. – № 6. – С.36.
3. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопед. Словарь. – СПб, 1893, Т. X, с. 886–891.
4. Привилегия, выданная из Департамента Торговли и Мануфактур Станиславу Яницкому на плавучий док, 31 января 1872 г. на 10 лет // Сенатские Ведомости. – 1872. – № 30.
5. Киприянович В. Сухие и плавучие доки. – СПб, 1911.
6. Выдревич Г.И. Современные док-матки и док-понтонны. – Л.: Речной транспорт, 1959.
7. The Naval Architect. – 1975. – № 4. – P.127–128.
8. Holland Shipbuilding. – 1982. – VI. – P. 30–33.
9. Waterways & Harbors Division. – 1970. – Vol. 96. – № 1. – P. 121–144.
10. Привилегия, выданная из Департамента Торговли и Мануфактур иностранцам Джосиу Латимеру Кларку и Джону Станфильду на усовершенствования в устройстве плавучих доков и понтонов, 21 декабря 1877 г. на 10 лет. – Свод привилегий, выданных в России, изд. Департамента Торговли и Мануфактур, 1877.
11. Marine Technology. – 1976. – Vol. 13. – № 2. – P. 184–191.
12. Сырков А.К. Современные судостроительные верфи. – Л.: Судостроение, 1976.
13. Коцевич С.Г. Док-испытательная камера // Морской сборник. – 1933. – № 7.
14. Brodo Gradnja. – 1970. – № 6. – P.374–375. ■

«Fintex-Tetrakem Oy» – это финское химическое предприятие, производственные цеха которого располагаются в Кангасала и Юлъярви. Предприятие выпускает различные сорта клея, герметика, стекловолоконных обоев, красок для наружных работ, алкидных красок, красок для внутренних работ, готовой шпатлевки, лака, продукции для влажных помещений и антисептиков для древесины под торговыми марками «Fintex» и «Tetrakem».

«Fintex-Tetrakem Oy» обновил состав **пожаробезопасной мастичной клеевой массы 1027**, применяемой в судостроительной промышленности Финляндии, и получил на них сертификаты, соответствующие классификации Международной морской организации (**International Maritime Organization**). Сертификаты действительны до 16 августа 2009 г. В сентябре этого года получено свидетельство о типовом одобрении Российского Морского Регистра судоходства, которое дает разрешение на использование продукции в российском судостроении. Служит для соединения материалов между собой, заполнения отверстий, герметизации и т.д. Предотвращает распространение огня на материале. При пожаре продукт трудно возгорается и быстро гаснет. Соединяемые поверхности: стекловолоконные ткани, стекловата, пенополистирол, керамическая плитка, минеральные и волокнистые плиты, различные отделочные планки и украшения, металлы и оцинкованная сталь.

**Отечественная огнеупорная масса эффективно предотвращает распространение пожара.** Современные строительные нормы и правила подчеркивают важность использования негорючих материалов в процессе выполнения любых строительных работ.

В случае возникновения пожара важным является обеспечение замедления распространения пожара и предотвращение возникновения и распространения ядовитых газов. Швы, располагающиеся в стенах, и точки ввода труб – это те места, через которые может проникать дым и распространяться пожар. Огнеупорная масса позволяет плотно заделать швы и щели. «Fintex-Tetrakem Oy» поставил на рынок первую отечественную протестированную огнеупорную массу, которая применяется в предусмотренных Строительными нормами и правилами конструкциях. Разбавляемая водой, не содержащая растворителей огнеупорная масса на основе акрила **Palokatko-Tetramassa 1028** содержит вещества, эффективно замедля-

## НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ ИЗ ФИНЛЯНДИИ

*Ю. Петров, директор по экспорту  
компании «Финтекс-Тетракем АО»*

ющие распространение пожара. С помощью эффективной огнеупорной массы удается высвободить дополнительное время для выполнения спасательных операций. Результаты испытаний, проведенных в техническом университете Тампере, подтверждают, что огнеупорная масса **Palokatko-Tetramassa** эффективно замедляет распространение пожара. В ситуации пожара она взбухает и заполняет, например, щели, появившиеся в результате «жизнедеятельности» строительных материалов, через которые дымовые газы могут проникать в рядом расположенные помещения. Огнеупорная

масса **Palokatko-Tetramassa**, созданная в результате продолжительного развития продукции, применяется в конструкциях с пожарной классификацией. Например, в частных котельнях к ним относятся конструкции котельного помещения. Огнеупорная масса служит также хорошим изолятором шума. На отделении строительной техники при Тамперском техническом университете были проведены тесты на базе различных строительных материалов – камня, металла и древесины. В зависимости от окружающего материала, толщины стены, а также ширины и толщины шва обеспечивается соответствие требованиям категории пожароопасности EI 90 – EI 240. Максимальная ширина шва, заполняемого огнеупорной массой, составляет 30 мм. Цвет огнеупорной массы **Palokatko-Tetramassa** – белый, но по заказу могут поставляться также другие цвета. Все цветовые оттенки имеют одинаковые высокие огнеупорные свойства. Огнеупорную массу **Palokatko-Tetramassa** допускается покрывать краской. По словам начальника по развитию продукции Кристины Вялисалми в развитии любого вида продукции используется опыт «Fintex-Tetrakem», полученный в процессе развития других негорючих изделий, как, например, опыт применяемого в судостроительной промышленности **пожаробезопасной мастичной клеевой массы 1027**, имеющей сертификат ИМО. Также учитываются замечания, высказанные специалистами строительной сферы.

Огнеупорная масса Palokatko-Tetramassa пополняет широкий ассортимент продукции «Fintex-Tetrakem Oy», которая предлагает также различные виды клея, герметика и гидроизолятора, предназначенных как для бытового, так и промышленного применения. ■

**ТЕЛ + 358 331255525**  
**ФАКС + 358 33482157**  
**E-MAIL: JURI.PETROV@FINTEX.FI**  
**INTERNET: WWW.FINTEX-TETRAKEM.COM**





## ПРЕДЛАГАЕМ ЛЮБУЮ ЭПОКСИДНУЮ ПРОДУКЦИЮ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА

ЗАО «ХИМЭКС Лимитед» – научно-производственное предприятие, созданное в Санкт-Петербурге в 1991 г. для выпуска *эпоксидных смол, активных разбавителей, компаундов, отвердителей, ускорителей отверждения и других продуктов.*

К настоящему времени ЗАО «ХИМЭКС Лимитед» предлагает самый широкий в России ассортимент эпоксидных смол, активных разбавителей, отвердителей, ускорителей отверждения, а также компаундов. На базе эпоксидных смол разработана гамма материалов, которые обеспечивают лучшие показатели прочности клеевых швов при склеивании стеклопластиков, изготовленных из полиэфирных или винилэфирных материалов.

Эпоксидные смолы при отверждении обладают малой усадкой. Эпоксидная пропитка отвердителей быстро впитывается и обеспечивает отличную влагостойкость пропитанных материалов.

### ПЕРЕЧЕНЬ ПРОДУКЦИИ от ЗАО «ХИМЭКС ЛИМИТЕД»

НАИМЕНОВАНИЕ	ГОСТ, ТУ
<b>ЭПОКСИДНО-ДИАНОВЫЕ СМОЛЫ</b>	
ЭД-22, ЭД-20, ЭД-16, ЭД-10, ЭД-8	ГОСТ 10587-84 (изм. № 1)
Э-40, Э-40Р	ТУ 2225-154-05011907-97
Э-41, Э-41Р	ТУ 6-10-1316-84, ТУ 6-10-607-78 (изм. №1)
Э-05Р, Э-04Р	ТУ 2225-128-05034239-99
<b>РАСТВОРЫ СМОЛ В РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ, КОНЦЕНТРАЦИЯ - ПО ТРЕБОВАНИЮ ЗАКАЗЧИКА</b>	
<b>АКТИВНЫЕ РАЗБАВИТЕЛИ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ</b>	
УП-624, УП-616, C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> алкилглицидиловый эфир	ТУ 2225-555-00203521-99
Кардюра Е-10	импорт
ДГЭБД (диглицидиловый эфир 1,4-бутандиола)	импорт
ДЭГ-1	ТУ 2225-527-00203521-98
ДЭГ-Ж, ЭФГ	ТУ 2225-510-00203521-94
Э-181, УП-655	ТУ 2225-606-11131395-2003 (изм. №1)
<b>ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b>	
ЭА, УП-610 (азотсодержащие)	ТУ 2225-606-11131395-2003 (изм. №1)
ЭН-6, УП-643 (на основе фенолформальдегидных смол)	ТУ 2225-605-11131395-2003
ЭХД	ТУ 2225-607-11131395-2003 (изм. №1)
УП-637 (на основе резорцина)	ТУ 6-05-241-194-79 (изм. № 3)
УП-631 (на основе бромированного бисфенола-А)	ТУ 2225-020-00203306-96
<b>ЭПОКСИДНЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СМОЛЫ</b>	
К-153	ТУ 2225-598-11131395-01 (изм. №№1, 2)
К-115, К-168, К-176, К-201, К-293, УП-5-132, КДЖ-5-20	ТУ 2225-597-11131395-01
<b>ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ ФИРМЫ KUKDO CHEMICAL CO., LTD</b>	
<b>БОЛЕЕ 100 МАРОК СМОЛ СО СКЛАДА И НА ЗАКАЗ</b>	
<b>ОТВЕРДИТЕЛИ</b>	
Диэтилентриамин (ДЭТА); Триэтилентетрамин (ТЭТА); Тетраэтиленпентамин (ТЭПА), N-в-Аминоэтилпиперазин (АЭП)	импорт
Полиэтиленполиамины (ПЭПА)	ТУ 2413-357-00203447-99
Отвердители Uni-Rez (аналоги Версамидов)	импорт
АФ-2	ТУ 2494-052-00205423-2004
УП-583Д, УП-583Т	ТУ 6-05-241-331-82 (изм. №№ 1,4)
ДТБ-2	ТУ 6-05-241-224-79 (изм. № 3, 4)
УП-0633 М	ТУ 2494-552-00203521-99
Изофорондиамин	импорт
Метаксиллендиамин (МХДА)	импорт
<b>УСКОРИТЕЛИ ОТВЕРЖДЕНИЯ</b>	
УП-606/2	ТУ У 6-00209817.035-96
Диметилбензиламин	импорт

**ЗАО «ХИМЭКС ЛИМИТЕД» ТАКЖЕ ВЫПУСКАЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ АССОРТИМЕНТ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАРОК ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ И НЕГОРЮЧИХ КОМПАУНДОВ (ЛЭК-ПК, КЛЭП-1013 И ДР.).**

**ЗАО «ХИМЭКС ЛИМИТЕД»**

**195030, РОССИЯ, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, УЛ. КОММУНЫ, Д. 67-Б  
CHIMEX@MAIL.WPLUS.NET WWW.CHIMEXLTD.COM  
(812) 347- 78- 47 (МНОГОКАНАЛЬНЫЙ)**



# ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «БАЛТСУДОПРОЕКТ» THE «BALTSUDOPROJECT» CENTRAL DESIGN BUREAU



ЦКБ «БАЛТСУДОПРОЕКТ» – старейшее конструкторское бюро России по проектированию гражданских судов. В бюро разработано около 180 проектов, по которым построено более 2800 судов различного типа и назначения общим водоизмещением свыше 11 млн. тонн. В настоящее время ЦКБ является филиалом ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова». Основываясь на богатом опыте проектирования и постройки судов, а также на применении современной САПР «NUPAS-CADMATIC», ЦКБ предлагает услуги по разработке:

- проектов и технического сопровождению постройки транспортных судов различного назначения, включая: суда с горизонтальной грузообработкой, контейнеровозы, навалочные, наливные, специальные суда, ледоколы, буксиры, суда снабжения, научно-исследовательские суда и др.;
- проектов переоборудования и модернизации судов различного назначения.

CDB «BALTSUDOPROJECT» is the oldest ship design bureau in Russia that has developed about 180 designs to which about 2800 ships of various type and purposes with the total displacement of over 11 millions tons have been built. At present the Central Ship Design Bureau is the branch of the Krylov Shipbuilding Research Institute. Drawing on wide experience of ship design and shipbuilding and also use of modern CAD system «NUPAS-CADMATIC» CDB «Balt-sudoproject» offers services as follows:

- development of designs and engineering support for vessels of various purposes including Ro-Ro ships, container ships, bulkers, tankers, dedicated ships, ice-breakers, tugboats, replenishment ships, research ships and others.
- development of projects of reequipment and modernization for ships of various purpose.

Россия, 196158, С.-Петербург, Московское шоссе, 44  
тел.: +7 (812) 727-96-37, факс: +7 (812) 727-93-34



**С**анкт-Петербургское предприятие «ЭлектроРадиоАвтоматика» (ОАО «ЭРА») более 80 лет является основным партнером судостроительных заводов Северо-Западного региона России, включая Санкт-Петербург, Выборг, Петрозаводск. Многолетний опыт работы в области судовых электромонтажных работ позволил сформировать высокопрофессиональный коллектив специалистов, способный выполнять полный цикл электромонтажных и пуско-наладочных работ любого класса сложности на строящихся, ремонтируемых и реконструируемых судах, а также на промышленных объектах.

Рассматривая ситуацию, сложившуюся за последние годы в отечественном судостроении и роль ОАО «ЭРА» как основного в отрасли поставщика услуг в области электромонтажных работ, мы пришли к выводу о необходимости расширения комплекса этих услуг и в первую очередь принятие на себя функций разработчика проектно-конструкторской и технологической документации по электрической специализации судов и кораблей. Это дает возможность нашим клиентам:

- за счет повышения качества проектной документации улучшить качество электромонтажных работ;
- за счет сокращения сроков выпуска проектной документации существенно сократить сроки выполнения электромонтажных работ и, как следствие, сроки постройки заказа;
- сократить совокупные затраты на проектные и монтажные работы.

В то же время самостоятельное проектирование позволяет развивать и совершенствовать технологию судового электромонтажа как элемента единого технологического процесса постройки судов, внедряя в производство современные технологии на стадии проектирования.

Для реализации этих задач в ноябре 2004 г. создано проектно-конструкторское бюро «ЭРА-Проект». Его коллектив составляют высокопрофессиональные инженеры-конструкторы, за плечами которых имеется опыт проектирования судов и кораблей как для российских, так и иностранных классификационных обществ и заказчиков.

В пакет проектных работ по электротехнической специализации входят:

- разработка технического (классификационного) проекта;
- разработка рабочей конструкторской документации (РКД) в объеме схем соединений и подключений, рабочих (электромонтажных) чертежей по установке электрооборудования и прокладке кабеля, ведомостей установки датчиков и т.п.;
- разработка приемо-сдаточной и экс-

# ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ И ЭЛЕКТРОМОНТАЖ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**С.В. Лебедев,**

*технический директор ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика»,*

**В.С. Точинов,**

*технический директор ООО «ПКБ «ЭРА-Проект»*

плуатационной документации (ПСД и ЭД).

В настоящее время успешно завершен и одобрен Российским Морским Регистром судоходства технический проект по электрочасти для линейного дизель-электрического ледокола с полноповоротными винто-рулевыми колонками, строящемся на ОАО «Балтийский завод». Коллектив ПКБ «ЭРА-Проект» приступил к разработке рабочей конструкторской документации совместно со специалистами ЦКБ «Балтсудопроект» и Техническим центром проектирования судов ОАО «Балтийский завод», выполняющими проектными работами по смежным специализациям.

Проектируемый ледокол сам по себе уникален с точки зрения отечественного судостроения – за последние десятилетия ничего подобного не строилось. Применение передовых разработок иностранных фирм в построении единой электроэнергетической установки (ЕЭЭС) и гребной электрической установки (ГЭУ) дает ряд существенных преимуществ:

- использование главных дизель-генераторов (ГДГ) на различных режимах судна, например на ходу и при маневрировании, для питания электроприводов движителя, подруливающего устройства, общесудовых потребителей, а при стоянке и при спасательных работах – для питания насосов специального пожаротушения, подруливающего устройства и общесудовых потребителей;
- обеспечение ходовых режимов с оптимальной загрузкой ГДГ и, как следствие, высокий КПД и минимальный расход топлива;
- обеспечение за счет применения электропривода гребного винта быстрого изменения частоты вращения и ускорения, что является решаю-

щими при маневрировании судна и при работе в ледовых условиях;

- повышение надежности ЕЭЭС и ГЭУ за счет резервирования входящих в них элементов.

Структура энергоэнергетической установки представлена на рис.1. В нее входят:

- 1) в качестве главных источников электроэнергии – четыре дизель-генератора фирмы «Wärtsilä» (Финляндия) переменного тока, трехфазные, синхронные, два из которых – мощностью по 6000 кВт каждый и два мощностью по 4500 кВт напряжением 6,3 кВ, частотой 50 Гц, 750 об/мин;
- 2) главное распределительное устройство 6,3 кВ (ГРУ) фирмы «Aker Kvaerner Power and Automation Systems» (Норвегия);
- 3) в качестве движителей – две азимутальные винто-рулевые колонки фирмы «Steerprop» (Финляндия) мощностью 8000 кВт каждая;
- 4) для привода винто-рулевых колонок – четыре гребных электродвигателя переменного тока фирмы «Aker Kvaerner Power and Automation Systems» (Норвегия), трехфазные, асинхронные, номинальной мощностью каждого мотора 4100 кВт, частотой вращения до 600 об/мин. На каждый вал устанавливаются по два двигателя (в тандеме), получающих питание от разных секций ГРУ;
- 5) для обеспечения плавного регулирования частоты вращения каждого гребного электродвигателя – полупроводниковые (тиристорные) преобразователи (ПП) с векторным регулированием частоты и напряжения фирмы «Aker Kvaerner Power and Automation Systems». Регулирование электроприводов переменного тока с помощью ПП имеют следующие достоинства – высокое быстродей-

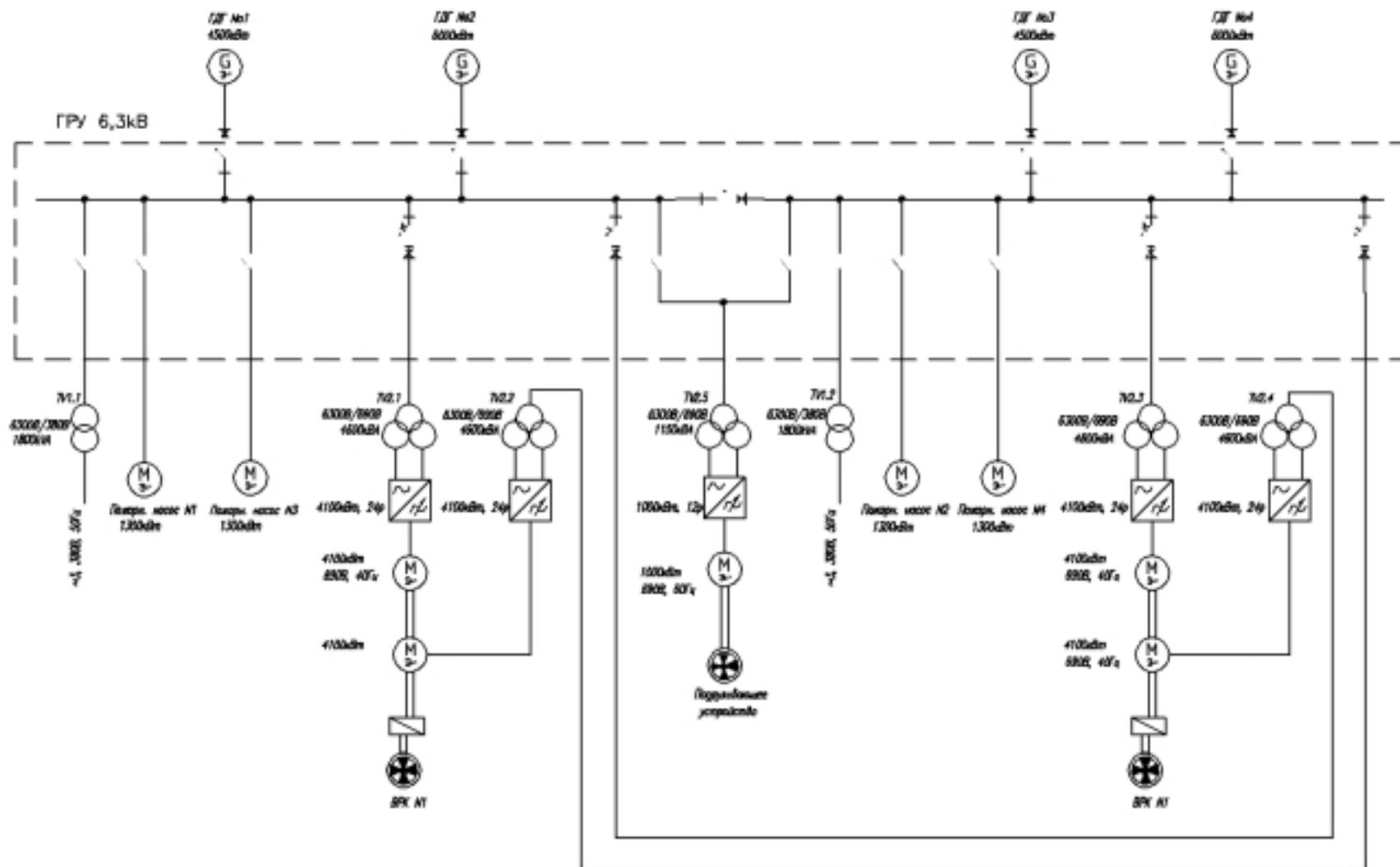


Рис.1. Схема электроэнергетической установки



ОАО  
ОСНОВАНО В 1922 ГОДУ

# ЭРА

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

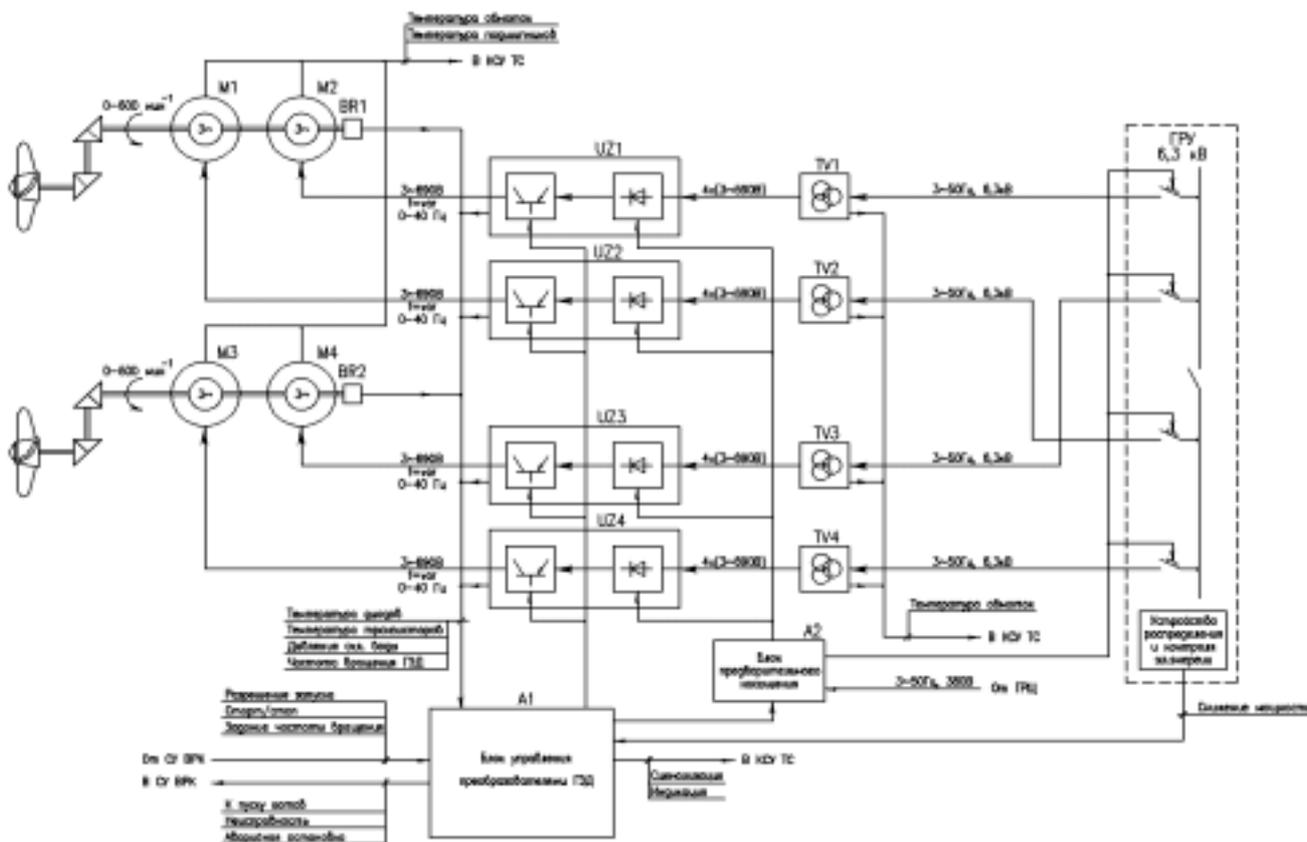


Рис.2. Структурная схема гребной установки

стве, отсутствие ограничений по мощности и частоте вращения, хорошие регулировочные качества. Кроме того для автоматического регулирования мощности ГЭУ предусмотрена система управления электроэнергетической установкой, являющаяся частью интегрированной системы управления, контроля и сигнализации техническими средствами и обеспечивающая постоянство мощности во всем диапазоне от швартовного режима до режима хода в чистой воде, а при увеличении нагрузки на винтах сверх располагаемой мощности частота вращения ГЭД снижается вплоть до нулевого значения, при этом момент на валу не превышает  $1,7 M_{ном}$ . Кроме того, система обеспечивает ограничение мощности ГЭД при недостаточном запасе мощности в сети 6,3 кВ (при этом учитывается количество работающих ГДГ и мощность, потребляемая судовым оборудованием); скачкообразное снижение мощности до установленного предела (регулируемого) при срабатывании защит (отключении) ГДГ. Структура гребной установки представлена на рис. 2.

Для отбора мощности от ГДГ 6,3 кВ на общесудовые нужды ледокола, распределения и питания потребителей электроэнергией 50 Гц, 380 В и 220 В на судне устанавливаются: – главный распределительный щит

(ГРЩ) 400/230 В фирмы ВНИИР (Россия);

- два понижающих трансформатора (один основной, второй резервный) мощностью 1800 кВ·А напряжением 6,3/0,4 кВ для передачи электроэнергии от шин ГРУ на ГРЩ 400 В фирмы «Trafotek» (Финляндия);
- два стояночных дизель-генератора (СДГ) номинальной мощностью 670 кВт, напряжением 400 В, с автоматическим регулированием напряжения и системой самовозбуждения фирмы «Wärtsilä».

Дистанционное управление и контроль за работой источников электроэнергии, осуществляется интегрированной системой управления, контроля и сигнализации техническими средствами (ИСУ ТС) фирмы ВНИИР. Система обеспечивает через интерфейс связи с СУ ЕЭЭС:

- дистанционный запуск и останов ГДГ и СДГ;
- выбор порядка ввода и вывода резервных ГДГ и СДГ;
- отображение и контроль напряжения, частоты тока на шинах ГРУ и ГРЩ, мощности, развиваемой генераторами, сопротивления изоляции сети;
- вывод сигнализации об автоматическом срабатывании защит ГДГ и СДГ (по КЗ, перегрузке, обратной мощности, низкому напряжению);
- дистанционное управление межсекционными и генераторными автома-

тами ГРУ и ГРЩ и индикацию о их положении.

Как сказано выше, применены асинхронные гребные электродвигатели. Несмотря на ряд недостатков (скольжение, пониженный коэффициент мощности), в данном проекте их использование дает серьезные преимущества по сравнению с синхронными машинами, благодаря следующему:

- отсутствию оборудования для системы возбуждения (трансформаторы, система управления возбуждением и т.д.);
- уменьшению массогабаритных характеристик ГЭД;
- повышению надежности;
- упрощению обслуживания при эксплуатации.

Таким образом, предполагается спроектировать и построить современное высокотехнологичное многофункциональное судно, способное выполнять различные задачи – от проводки многотоннажных судов в акватории Финского залива в зимнее время до спасательных операций на терпящем бедствие судне.

В завершение следует отметить, что предприятие «ЭРА» было создано в 1922 г. как проектно-монтажная часть, входящая в состав Петроградского электромашиностроительного треста. Новое – это хорошо забытое старое. История сделала очередной виток, и ОАО «ЭРА» образца XXI в. предлагает полный комплекс работ по электрической специализации – от проекта до сдачи судна. ■

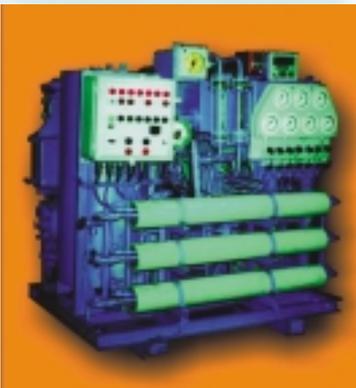


ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**ПРОЛЕТАРСКИЙ**  
ЗАВОД

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 «жителем 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.



# ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ К 35-ЛЕТИЮ ЦНИИ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

**В. Ф. Суслов**, канд. техн. наук,  
генеральный директор ОАО «Пролетарский завод»

Свой 35-летний юбилей ЦНИИ судового машиностроения встречает на подъеме производственной и творческой деятельности.

Фактически функционально образованный научно-производственный комплекс в составе ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» и ОАО «Пролетарский завод» позволил не только устоять в сложнейших условиях современной рыночной экономики, но и определить пути своего дальнейшего развития как головного предприятия судостроительной отрасли, имеющего широкий машиностроительный профиль.

Дополнительно к традиционной деятельности предприятия – обеспечение отечественного гражданского и военно-морского флотов судовым оборудованием – были намечены и успешно реализуются следующие производственные направления:

- развитие экспортного производства судового машиностроения;
- организация и развитие импортозамещающего производства нетрадиционных видов продукции, пользующейся спросом.

В направлении экспортного производства следует отметить наиболее значительные работы, выполненные за последние пять лет. Например, разработки, изготовлены и поставлены следующие изделия.

• для заказов ВМФ Индии:

– комплекты электрогидравлических механизмов для комплексов транспортировки вертолета на палубе корабля;

– кран-балки с электрическим приводом КБЭ-2,5; лебедки траповые ЛТЭ-8 и грузовые электрические ЛЭ-0,28;

– рулевые машины РЭГ8-3МЭ с системой управления «Корракс 0,1»;

– успокоители качки УК 6-1;

– шпиль якорно-швартовные ЯШБВР;

– шпиль швартовные ШЭБ 80;

– автоматизированная рулевая машина (АРМ-7) в составе КЭГА «Минерал-А» и комплекта рулевых машин НВР, ВВР, КГР и РГР;

– шпиль якорно-швартовные с электрическим приводом ШЭР-27;

• для заказов ВМФ Китая:

– модернизированные опреснительные установки П4-2;

– комплексы устройств передачи сухих и жидких грузов в море на ходу траверсным способом для судов, строящихся в КНР;

– целый ряд оборудования, в том числе УК134-5, УТВ, УХПТВ, П1-1,0, П2-400 для комплектации кораблей пр. 956ЭМ;

– устройства спуска-подъема УСП-160 для ГАС «Паллада» (заказ 956ЭМ).

• по договору с ЗАО «Морское снабжение» 18 гидромашинок.

Заметное место в объеме нашего экспорта стали занимать поставки запасных частей к ранее изготовленному и находящемуся в эксплуатации оборудованию.

Значительная доля экспортных работ в общем объеме промышленного производства предприятия позволила создать за счет вложенных поступлений новые производства для нетрадиционных импортозамещающих новых видов продукции, пользующих-

ся спросом. Например, организовано уникальное производство по серийному изготовлению термоусаживающейся ленты для антикоррозионной защиты водо- и нефтегазопроводов.

Освоено производство и других новых видов изделий, востребованных на внутреннем российском рынке, вместо аналогичных импортных изделий:

– подземных буровых станков для нефтяных шахт для извлечения высоковязкой нефти, такие станки производятся только на нашем предприятии;

– самоходных установок для ремонта и монтажа контактных токоподводящих проводных линий на железных дорогах;

– целого ряда комплексного технологического оборудования для металлургического производства на замену импортного из ФРГ;

– контейнерных электростанций на природном газе для «Газпрома», которому уже поставлен целый ряд таких станций;

– специальных пресс-грануляторов, матриц, роликов и прочих изделий для комбикормовых предприятий.

Для оснащения кораблей ВМФ России разработан, изготовлен и поставлен целый ряд нового машиностроительного оборудования, основными из которых являются следующие:

• для заказа «Лада» – рулевые машины НВР, ВВР, КГР и РГР, установочная партия гидроаппаратуры, поршневые пневмогидроаккумуляторы, комплекты гидромашинок, лебедка

специальная ЛГС-42, шпиль якорно-швартовный ШГ25-1, ИКУ-135СНМ;

- для заказа 02668 – подъемно-опускное устройство (ПОУ) антенн ГАС с гидравлическим приводом, днищевое закрытие (ДЗ) для антенн гидроакустического комплекса, лебедка специальная ЛГС4-1А для постановки-выборки тралов, кран-манипулятор КМ1, рулевая машина Р-34М, обратноосмотическая опреснительная установка ПРО-5;

- амортизирующие устройства грузонесущей связи УА-30/5 и тросов-проводников УА-2 для дооборудования судна КИЛ143;

- опытный образец станции водоподготовки СВ-10 для заказа «Борей»;
- для заказа 20380 – рулевая машина РМ 250-2 с СУ «Корракс-01»; успокоитель качки УК-4,5 с СУ «Доломит-М1»; УХПТ; шпиль швартовные с электрическим приводом ШЭБ-50; устройства для приема жидких грузов в море П2-400.

Для судов отечественного гражданского флота разработан, изготовлен и поставлен целый ряд оборудования, в том числе краны КЭГ 16019 и КЭГ 16019-1 для атомного ледокола «50 лет победы».

Большой вклад в развитие экономики города вносит наше предприятие. Так, для первого блока Северо-западной парогазовой ТЭЦ суммарной мощностью 450 МВт разработано и поставлено семь агрегатов разного назначения. Всего поставлено 23 единицы оборудования. Аналогичный комплект насосных агрегатов (17 единиц) поставлен для второго блока станции.

Для теплофикационных блоков электрической мощностью 250 МВт Южной ТЭЦ «Ленэнерго» разработано и изготовлено три варианта модернизированных проточных частей питательных насосов, имеющих более высокие показатели надежности и экономичности.

В рамках работ по энергосбережению разработан, изготовлен и запущен паротурбогенератор ПТГ-1500 мощностью 1,5 МВт в котельной ЗАО «Лен-теплоснаб» (г. Пушкин).

Изготовлен и поставлен ПТГ-850 для котельной теплоэнергосети г. Гатчина. Эти ПТГ вырабатывают промышленную электроэнергию на базе теплофикационной котельной.

Для ТЭЦ 15 «Ленэнерго» разработаны и поставлены два конденсатных насоса нового типа с высоким уровнем надежности.

Изготовлены и поставлены пять насосов системы безопасности для Ленинградской атомной электростанции, а также насосы системы охлаждения для 1-го контура исследовательского реактора Петербургского института ядерной физики.

Для Управления Октябрьской железной дороги изготовлен железнодорожный кран СМ-539 грузоподъемностью 150 т, предназначенный для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ, а также для проведения ремонтно-восстановительных работ на железных дорогах.

Для строителей города поставлена сваявдавливающая гидравлическая установка УСВ-120 с усилием вдавливания сваи 90 т.

Для лечебных и детских учреждений города поставляются бактерицидные аппараты, разработанные нашим предприятием, предназначенные для обеззараживания пресной воды в системах водоснабжения, а также дебактеризации стоков.

В современных условиях, когда по контрактам для строительства нового судна (корабля) отводится довольно короткое время, для создания комплектующего машиностроительного оборудования его остается еще меньше. В связи с этим возникает серьезная проблема сокращения сроков создания судового машиностроительного оборудования при обеспечении требуемого технического уровня и качества. Решение этой проблемы возможно за счет разработки комплектующего машиностроительного оборудования заранее – до начала проектирования кораблей и судов. Практически это реализуется путем опережающего системного проектирования судового оборудования, в процессе которого:

- разрабатывается в полном объеме базовая модель типоряда изделий с оптимизацией параметрических и конструктивных параметров;

- разрабатываются на уровне технических проектов остальные представители типоряда с учетом проведенной оптимизации на базовой модели.

Таким образом создается перспективный типоряд наиболее востребованного вида изделия судового машиностроения.

В процессе проектирования объектов морской техники проводится обоснование принимаемых технических решений, что является основным содержанием процесса проектирования. Принимаемые решения должны быть лучшими из возможных по значению критерия оптимальности – функции предпочтительности принимаемых технических решений следует учитывать не только сам объект проектирования, но и ту совокупность оборудования, которая взаимодействует с проектируемым оборудованием в процессе его функционирования, оказывает на него влияние, сама подвергается его влиянию. Вся эта сложная совокупность

влияний может быть подвергнута изучению с применением метода анализа сложных технических систем. Судовое машиностроительное оборудование после его установки на судно становится частью сложной технической системы – судна, и в ходе выбора оптимального варианта этого оборудования должен оптимизироваться объект верхнего иерархического уровня – судно или группа однотипных судов, использующих данное оборудование для решения задач перевозки грузов.

Анализ эффективности морского транспортного судна проводится как объекта сложной технической системы. В процессе анализа применены три принципа декомпозиции сложной технической системы:

- по степени законченности выполняемой функции – функциональный;

- по пространственной локализации, т.е. по принципу объединения оборудования в функциональные и зональные агрегаты и монтажные блоки;

- по уровню агрегатирования поставок на судостроительное предприятие.

Применение системного анализа для изучения характеристик, проектирования и оптимизации судового оборудования требует выявления всех устойчивых и существенных признаков сложной технической системы. Рассмотрим эти признаки.

*Сложный иерархический состав.* Морское судно или корабль – это один из наиболее сложных инженерных сооружений. Они включают в свой состав большое количество подсистем, каждая из которых для целей анализа может быть подвергнута дальнейшей декомпозиции на несколько уровней вниз.

*Иерархическая соподчиненность целей функционирования оборудования.* Для каждого вида оборудования на любом уровне характерны свои задачи, цели функционирования. Пропульсивная установка обеспечивает выработку механической энергии, парогенератор вырабатывает пар, рулевое устройство обеспечивает управление направлением движения судна и т.д. И в то же время все указанное оборудование работает на конечную цель – перевозку грузов. Именно согласованная работа всего комплекса оборудования обеспечивает эффективное и надежное выполнение конечной задачи.

Определение цели верхнего уровня, функционированию которого в конечном итоге подчинены все более низко расположенные уровни, зависит от вида решаемой задачи. Упрощенно таким уровнем можно считать тот уровень, на котором платят день

ги за выполненную работу, в нашем случае – это судно или совокупность однотипных судов. Упрощение состоит в том, что в принципе возможно дальнейшее углубление в проблему влияния судовых перевозок на смежные предприятия и отрасли и т.д.

В настоящем исследовании ограничимся рассмотрением указанного уровня, что допустимо для целей оптимизации технических решений по судовому оборудованию в любом случае – как при наличии, так и при отсутствии отлаженной системы увязки интересов участников единого хозяйственного и производственного процесса.

*Наличие системных связей* между параметрами оборудования на различных уровнях. Каждый вид оборудования можно достаточно полно описать совокупностью параметров. Некоторые из них могут быть «системными» или «системно важными», так как их изменение приводит к изменению характеристик объектов более высокого уровня (обратная связь – вниз по иерархической схеме вполне очевидна и здесь не рассматривается).

При проектировании судна весь комплект оборудования выбирается из типоразмерных рядов. Это принципиальное положение методики проектирования оптимальных судов. Иначе создание судна будет отложено на период проектирования и постройки совокупности нестандартного оборудования. В современных условиях, когда заказ на постройку судна можно получить только при условии его выполнения за короткое время, рассчитывать на постройку оборудования под заказ не приходится. Кроме того, качество оборудования, создаваемого под заказ, оставляет желать лучшего ввиду неизбежной спешки. При формировании типоразмерных рядов и проектировании комплектующего оборудования должны учитываться характеристики совокупности судов будущей постройки, на которых планируется использовать создаваемое оборудование. Больше того, характеристики судов должны учитываться при обосновании не только параметров типоразмерных рядов, но и технических решений на всех стадиях жизненного цикла оборудования, вплоть до списания, реновации и утилизации элементов оборудования, не подлежащих реновации.

В связи с тем, что между установлением параметров типорядов и проектированием типоразмеров оборудования, с одной стороны, и созданием судов, с другой, образуется разрыв во времени, нередко исчисляемый десятилетиями, возникает значительная неопределенность в характеристиках судов будущей постройки, компенси-

руемая применением научных методов прогнозирования этих характеристик. Одним из известных и опробованных методов компенсации неопределенности данных о потребности элементов сложной технической системы является применение при формировании их типоразмерных рядов предпочтительных чисел.

Компенсация неопределенности также возможна на различных уровнях: на нижних – при формировании типоразмерного ряда оборудования или на верхнем – при формировании сеток типоразмеров судов перспективной постройки. По-видимому, второй подход предпочтительнее, поскольку открывает возможности для разработки согласованных типоразмерных рядов всего комплекта судового оборудования и создания оптимальных судов как согласованных комплексов всего оборудования. Фактически – это применение принципов опережающей и комплексной стандартизации.

При формировании сеток типоразмеров судов традиционно используются программно-целевые модели, основанные на применении методов оптимизации распределения ресурсов. К сожалению, эти модели не вполне адаптированы к динамичному изменению конъюнктуры мирового рынка. Поэтому результаты, полученные с их помощью, также нуждаются в корректировке с учетом неопределенности ряда прогнозируемых параметров.

Широко распространенные статистические методы анализа характеристик судов и судового оборудования также не лишены недостатков, поскольку они фиксируют тенденции, существовавшие в период реализации объектов, включенных в выборку статистических данных.

Профессор Б.А. Царев предложил сетку типоразмеров судов модульной постройки. Эта сетка приведена в табл. 1. При ее формировании был выполнен статистический анализ мирового судостроения за предшествующее десятилетие. В табл.1 приведены 20 типоразмеров морских транспортных судов, отличающихся типом, грузоподъемностью и скоростью: сухогрузы (без детализации вида груза) – четыре представителя, отличающихся размерами, и девять представителей, различающихся скоростью, а также четыре танкера, отличающиеся грузоподъемностью, и одиннадцать – скоростью. Были проработаны главные размерения и основные характеристики судов.

При стандартизации изделий судового машиностроения и оптимизации характеристик перспективных типоразмеров целесообразно опираться на предложенную сетку судов, поскольку она является более ценной,

чем сетки типоразмеров судов, полученные из программно-целевых моделей пополнения флота, так как учитывает не только отечественные тенденции, но и зарубежный опыт.

При обосновании параметров объектов морской техники используются критерии эффективности трех типов: локальные, глобальные и согласованные. Первые рассчитываются на уровне объекта проектирования. В качестве локального критерия экономической эффективности судового энергетического оборудования может быть использована полная совокупность затрат, связанная с эксплуатацией этого оборудования, находящая свое выражение в форме приведенных затрат по оптимизируемому оборудованию.

Приведенные затраты по проектируемому оборудованию складываются из затрат на возмещение израсходованной энергии и расходов, определяемых капитальными вложениями:

$$Z_{пр} = Z_0 + P(K). \quad (1)$$

Первое слагаемое – расходы на топливо  $P_T$  и смазку  $P_{см}$  в системе генерирования энергии в доле, определяемой проектируемым оборудованием:

$$Z_0 = P_T + P_{см}. \quad (2)$$

Второе слагаемое в выражении для приведенных затрат (1) – сумма расходов на амортизацию  $P_a$ , текущий ремонт  $P_p$ , снабжение  $P_{сн}$ , косвенные расходы  $P_{кос}$  и отчисления  $O(K_0)$  за пользование капиталом в сумме первоначальной стоимости оборудования  $K_0$ :

$$P(K) = P_a + P_p + P_{сн} + P_{кос} + O(K_0). \quad (3)$$

Все расходы, определяемые первоначальной стоимостью, выражены в виде определенного процента ежегодных отчислений от первоначальной стоимости.

В случае изменения в ходе проектирования оборудования его системно важных параметров, например массы, габаритов или затрат топлива, локальный критерий эффективности не обеспечивает достоверной оптимизации объекта верхнего уровня – транспортного судна, т.е. в этом случае локальный критерий не обладает требуемой степенью объективности. Объективная оценка эффективности верхнего иерархического уровня сложной технической системы может быть получена с применением глобальных критериев эффективности, рассчитанных по судну в целом.

Для транспортных судов критерием оптимальности является критерий экономической эффективности:

Сетка типоразмеров судов модульной постройки

<i>J</i>	Тип	<i>D</i>	<i>DW</i>	<i>V<sub>э</sub></i>	<i>L<sub>мн</sub></i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>H<sub>б</sub></i>	<i>K<sub>об</sub></i>	<i>R</i>	<i>P<sub>эл</sub></i>	<i>Z<sub>эк</sub></i>	<i>L<sub>пл</sub></i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	C	8000	5000	12	115	17	5,5	8	0,67	152	500	22	4000
2	C	8000	5000	13	115	17	5,5	8	0,67	179	500	22	4000
3	C	8000	5000	14	115	17	5,5	8	0,67	207	500	22	4000
4	C	12000	7500	13	125	19	6,5	9	0,69	235	600	26	5000
5	C	12000	7500	14	125	19	6,5	9	0,69	282	600	26	5000
6	C	16000	10500	14	140	21	7,5	11	0,71	347	700	30	6000
7	C	23000	15500	14	155	23	8,5	12,5	0,73	429	800	34	7000
8	C	23000	15500	15	155	23	8,5	12,5	0,73	507	800	34	7000
9	C	23000	15500	16	155	23	8,5	12,5	0,73	607	800	34	7000
10	T	11000	7500	12	115	19	7	10	0,7	199	600	26	4000
11	T	11000	7500	13	115	19	7	10	0,7	238	600	26	4000
12	T	19000	13000	13	140	23	8	11	0,72	341	800	32	6000
13	T	19000	13000	14	140	23	8	11	0,72	400	800	32	6000
14	T	33000	23500	13	170	28	9	12,5	0,74	466	1000	38	8000
15	T	33000	23500	14	170	28	9	12,5	0,74	572	1000	38	8000
16	T	33000	23500	15	170	28	9	12,5	0,74	664	1000	38	8000
17	T	52000	38500	13	200	33	10	14	0,76	647	1200	44	10000
18	T	52000	38500	14	200	33	10	14	0,76	796	1200	44	10000
19	T	52000	38500	15	200	33	10	14	0,76	920	1200	44	10000
20	T	52000	38500	16	200	33	10	14	0,76	1063	1200	44	10000

Здесь в столбце 1 приводятся индексы *J* типоразмеров судов; всего предусмотрено 20 типоразмеров; 2 – тип судна, сеткой предусмотрены два типа судов: сухогрузы *C* без конкретизации способа грузообработки и танкеры *T*; 3 – полное водоизмещение судна *D*, т; 4 – дедвейт *DW*, т; 5 – эксплуатационная скорость *V<sub>э</sub>*, уз; 6 – длина судна между перпендикулярами *L<sub>мн</sub>*, м; 7 – ширина на миделе *B*, м; 8 – расчетная осадка *T*, м; 9 – высота борта *H<sub>б</sub>*, м; 10 – коэффициент общей полноты *K<sub>об</sub>*; 11 – сопротивление движению судна с заданной скоростью *R*, кН; 12 – установленная мощность судовой электростанции *P<sub>эл</sub>*, кВт; 13 – число людей на судне *Z<sub>эк</sub>*, чел; 14 – дальность плавания *L<sub>пл</sub>*, мили.

для судовладельца наилучшим является вариант судна, обеспечивающий получение наибольшей прибыли *Π* на капитал *K<sub>с</sub>*, вложенный в его приобретение, или их отношения – нормы прибыли или уровня рентабельности:

$$H_{пр} = ( \Pi / K_c ) 100 \% . \quad (4)$$

Годовой объем прибыли *Π* можно представить как разницу между доходами от эксплуатации судна *D* и расходами на его функционирование *P*:

$$D - P = \Pi . \quad (5)$$

Доходы от эксплуатации судна поступают в виде платы за перевозку грузов:

$$D = P_r \cdot K_{тн} \cdot L_{пл} \cdot Fr \cdot Z_p , \quad (6)$$

где *P<sub>r</sub>* – грузоподъемность судна, т; *K<sub>тн</sub>* – коэффициент технического использования грузоподъемности – средневзвешенный коэффициент загрузки судна; *L<sub>пл</sub>* – длина линии, на которой эксплуатируется судно, мили; *Fr* – фрахтовая ставка, доллары за тонно-мило, зависящая от вида перевозимого груза и бассейна эксплуатации судна. В случае перевозки разнородных грузов необходимо осреднение этой величины; *Z<sub>p</sub>* – среднее число рейсов за год.

Расходы, связанные с эксплуатацией судна, разделяют на первоначальные, или единовременные, и текущие, или постоянные. Первые выступают в виде капитальных вложений: сто-

имости постройки или приобретения судна *K<sub>с</sub>*. Годовые текущие расходы *P<sub>тек</sub>* – это сумма расходов на топливо *P<sub>т</sub>*, смазочные и обтирочные материалы *P<sub>см</sub>*, амортизацию *P<sub>а</sub>*, текущий ремонт *P<sub>р</sub>*, снабжение *P<sub>сн</sub>*, содержание экипажа *P<sub>эк</sub>*, навигационных *P<sub>н</sub>* и косвенных *P<sub>кос</sub>* расходов:

$$P_{тек} = P_t + P_{см} + P_a + P_r + P_{сн} + P_{эк} + P_n + P_{кос} . \quad (7)$$

Различия между капитальными и текущими расходами достаточно условны. Судовладелец, как правило, не имеет свободных денег и приобретает суда на капитал, взятый под проценты в банке. За пользование капиталом производятся ежегодные платежи:

$$O = K_c \cdot H_o, \quad (8)$$

где  $H_o$  – норматив годовых отчислений за пользование капиталом, равный в общем случае учетной банковской ставке.

Даже если судно приобретает за деньги судовладельца, он вправе, кроме прибыли от эксплуатации судна, рассчитывать на получение отчислений  $O$ , иначе ему выгодней положить деньги в банк под проценты. Эта идея реализуется путем расчета так называемых приведенных затрат, которые фактически и являются расходами по эксплуатации судна:

$$Z_{пр} = P = P_{тек} + E_n \cdot K_c, \quad (9)$$

где  $E_n$  – прогноз учетной банковской ставки.

Таким образом, в качестве глобального, рассчитываемого по объекту верхнего иерархического уровня, критерия эффективности для обоснования технических решений по подсистемам судна и в том числе по СЭУ, может быть принята норма прибыли по судну:

$$H_{пр} = ((P_r \cdot K_{гн} \cdot L_{пл} \cdot Fr \cdot Z_p - Z_{пр}) / K_c) \cdot 100 \%. \quad (10)$$

В тех случаях, когда при проектировании судна грузоподъемность задается и выдерживается, (что позволяет рассчитывать на стабильность дохода от эксплуатации судна), возможна оптимизация судна, исходя из минимума приведенных затрат. Изменения провозоспособности, возможные в процессе проектирования, учитываются использованием в качестве глобального критерия эффективности удельных приведенных затрат, отнесенных к годовому объему транспортной работы:

$$Z_{пр.уд} = Z_{пр} / (P_r \cdot V \cdot T_3 \cdot 24 a_x \cdot k_v \cdot k_r), \quad (11)$$

где  $V$  – номинальная скорость судна, уз;  $T_3$  – годовой период эксплуатации судна, сут/год;  $a_x$  – относительная доля ходового времени;  $k_v$  – коэффициент технического использования скорости;  $k_r$  – коэффициент готовности, учитывающий вынужденные перемены в эксплуатации, связанные с отказами оборудования.

Применение приведенных затрат в качестве критерия экономической эффективности является наследием плановой системы хозяйствования, когда годовой объем перевозок планировался и предполагалось его выполнение. В условиях рыночной системы хозяйствования этот критерий несколько устарел, хотя в некоторых

случаях его применение оправданно. Он позволяет правильно оценивать ситуацию, если под годовым объемом перевозок понимать не жесткую плановую цифру, а ее стохастическую оценку. В нынешних экономических отношениях более обоснованным критерием является норма прибыли, позволяющая идти на большие затраты при условии получения большей прибыли.

При помощи глобальных критериев могут обосновываться лишь крупные технические решения, изменения которых приводят к изменениям критерия, превышающим погрешность его определения. На разных стадиях проектирования судна эта погрешность различна, особенно она велика на ранних стадиях, в том числе при обосновании типоразмерных рядов и проектировании типоразмеров судового оборудования. Учитывая, что на этих этапах стоимость судна определяется с погрешностью до  $\pm 30\%$  [1248], и в этот доверительный интервал укладывается любое техническое решение по судовому машиностроительному оборудованию, можно сделать вывод о неприменимости использования глобальных критериев, рассчитываемых по объекту верхнего уровня, для оптимизации технических решений по судовому оборудованию.

Согласованная системная оптимизация судового машиностроительного оборудования.

Для обоснования решений по судовому машиностроительному оборудованию предлагается применять согласованные критерии эффективности, являющихся приложением метода анализа сложных технических систем (системного анализа) к данной проблеме. В данном случае к собственно локальным критериям, рассчитываемым исключительно по параметрам объекта проектирования, вводится согласующая поправка позволяющая определить полный вклад данного объекта в значение глобального критерия с учетом влияния данного объекта через изменение его системно важных параметров как прямо на сложную систему в целом, так и опосредствованно через его влияния на прочие элементы сложной системы.

Выражение для такого приращения может быть получено путем замены частных производных глобального критерия эффективности по системно важным параметрам на значение полного дифференциала, вычисляемого в базовой точке. Устранение из рассмотрения большей части подсистем судна, не изменяющихся от применения рассматриваемого технического решения и в

то же время создающих основную часть погрешности, позволяет существенно увеличить достоверность выбора решений оптимизирующих судно.

Одним из выражений согласованного критерия является приращение годового объема прибыли по проектируемому судну по сравнению с базовым вариантом (ниже индексом «б» отмечены показатели базового варианта):

$$Kr_{согл1} = P - P_б = (D - P) - (D - P)_б = (D - D_б) - (\Sigma P_j - \Sigma P_{jб}) - (\Sigma P_k - \Sigma P_{кб}). \quad (12)$$

При оптимизации данный критерий максимизируется. Положительное значение согласованного критерия говорит о превосходстве проектируемого варианта над базовым (прибыль больше). Другое выражение для согласованного критерия (норма прибыли на дополнительно вложенный капитал) – отношение приращения прибыли от принятого технического решения к дополнительным капитальным вложениям:

$$Kr_{согл2} = (P - P_б) / (K - K_б). \quad (13)$$

Базовый вариант должен отличаться от вновь проектируемого только рассматриваемыми техническими решениями. В выражении для  $Kr_{согл1}$  расходы по судну  $P$  представлены как сумма расходов (приведенных затрат) по составляющим его элементам, подсистемам, устройствам, оборудованию и др. Эти элементы разделены на объекты проектирования: ( $j = 1:n$ ) – целенаправленно изменяемые для достижения оптимума и прочие элементы ( $k = n + 1:m$ ) – не изменяемые целенаправленно. Чаще всего при проектировании  $n = 1$ , так как происходит последовательная оптимизация отдельных решений. Например, выбор из типоразмерного ряда насоса для определенной системы СЭУ или выбор из сортамента трубы для определенного трубопровода. Подобные решения, которых много и которые можно назвать простыми, могут приниматься в известной степени независимо. Другие, как например, система утилизации теплоты, являются сложными, включают в себя несколько элементов и требуют ступенчатой оптимизации – отдельно наличие или отсутствие самой системы и далее отдельно выбор каждого вида комплектующего оборудования.

При  $n = 1$  слагаемое  $(\Sigma P_j - \Sigma P_{jб})$  – так называемый локальный критерий эффективности – приращение приведенных затрат по объекту проектиро-

вания:

$$Kr_{\text{лок}} = P_i - P_{i6} = E_n (K_i - K_{i6}) + (C_i - C_{i6}), \quad (14)$$

где  $K_i - K_{i6}$  – приращение стоимости объекта проектирования по сравнению с базовым вариантом;  $C_i - C_{i6}$  – приращение текущих расходов по сравнению с базовым вариантом.

Разность  $(\Sigma P_k - \Sigma P_{k6})$  – приращение приведенных затрат по совокупности элементов судна, целенаправленно не изменяемых при оптимизации проектируемой подсистемы или элемента СЭУ, по сравнению с базовым вариантом. Большая часть из них не изменяется вовсе, т.е. приращение равно нулю, но некоторые могут изменяться в связи с изменением системно-важных параметров объектов проектирования.

*Системно важными* являются все параметры, способные оказать влияние на провозоспособность судна и эквивалентное последней изменение дохода от эксплуатации ( $D - D_0$ ) – разность в первых скобках приведенного выражения, в том числе:

- масса, так как ее изменение приводит к изменению грузоподъемности судна;
- энергетическая эффективность, в связи с тем, что затраты энергии на судне покрываются за счет запасов топлива, также влияющих на грузоподъемность;
- надежность, прямо входящая в выражение для годового объема транспортной работы.

Значение согласованного критерия складывается из приращения локального критерия и поправки на изменение системно-важных параметров объекта проектирования:

$$Kr_{\text{сол}} = Kr_{\text{лок}} + \Sigma(\partial Kr_{\text{гл}}/\partial P_i \cdot \Delta P_i), \quad (15)$$

где  $\partial Kr_{\text{гл}}/\partial P_i$  – частные производные глобального критерия эффективности по системно-важным параметрам объекта проектирования. Они могут приниматься по данным базового варианта;  $\Delta P_i$  – конечные приращения системно-важных параметров.

При оптимизации подсистем судна анализ поведения решения вблизи границ области допустимых решений не всегда возможен, особенно, если процесс оптимизации основных элементов судна еще не завершен. Для проведения относительно независимой оптимизации подсистем судна в процессе проектирования последнего предложено применение согласованных критериев с дополнительными штрафными функциями, поощряющими расширение области допустимых решений и штрафующие

их сужение. В основные ограничения задачи определения оптимальных элементов судна наиболее часто входят:

- уравнение масс для случая полной нагрузки судна;
- условие удифферентовки судна с полной нагрузкой при посадке на ровный киль;
- требование к вместимости грузовых помещений;
- требования к наименьшему и наибольшему значению начальной метацентрической высоты;
- требования к осадке носом и кормой.

Первые два ограничения всегда имеют ненулевые оценки а остальные ограничения типа неравенств могут иметь ненулевые и положительные оценки при условии, что они являются лимитирующими..

Поскольку на значения критерия оказывают влияние только лимитирующие ограничения и при проведении оптимизации изменяются положение ограничений, необходимо отслеживать выход ограничений из числа лимитирующих. При возникновении такой ситуации следует проводить корректировку выражения критерия эффективности.

Процесс оптимизации судового машиностроительного оборудования охватывает все направления совершенствования оборудования, в том числе поднятия его технического уровня. Это направление имеет особое стратегическое значение, так как от технического уровня изделия зависят принципы его построения, функциональность и в итоге эффективность оборудования.

Все более широкое применение программируемой электроники в судовом машиностроении расширяет его функциональные возможности, повышает его технологичность и адаптивность к условиям объекта применения корабля (судна). Так, например, в ЦНИИ судового машиностроения в настоящее время создана траловая лебедка ЛГС4-1А для заказа 02668, в которой вместо традиционного управления через механическую передачу укладчиком на барабане тросовой тягой применены автономные управляемые программируемой электроникой привода. Подобное техническое решение наилучшим образом адаптирует лебедку к типоразмерам тросовой тяги и к условиям корабля.

Поскольку качеству изготавливаемой продукции, прежде всего экспортной, как решающему фактору обеспечения ее конкурентоспособности придается большое значение, для сертификации привлечены зарубежные инспекционные общества. В результате ряд изделий получил одоб-

рение и сертифицирован Английским и Германским Ллойдом, а также Норвежским Дет Норске Веритас. Проведены работы совместно с Российским Морским Регистром судоходства по сертификации системы управления качеством предприятия на соответствие требованиям ИСО 9000.

Повышение качества изготавливаемой продукции стало возможно благодаря обновлению технологического оборудования, что делается на регулирующей основе: за последние пять лет приобретены за счет средств ОАО «Пролетарский завод» уникальные прецизионные многомерные обрабатывающие центры с программным управлением и другое современное станочное оборудование.

Принимаются организационные мероприятия по структурной перестройке производства для оптимальной реализации современных технологий и повышения эффективности производства, при этом большое внимание уделяется обеспечению производства высококвалифицированными специалистами.

На заводе за счет собственных средств на постоянной основе выполняются НИОКР по перспективным техническим направлениям для создания научно-технического задела и непрерывного качественного улучшения перспективных видов продукции судового машиностроения, что и создает интеллектуальную базу конкурентоспособности нашей продукции.

Результативность процесса развития судового машиностроения определяется его непрерывностью, выбором актуальных технических направлений, соединения в единый производственный вектор деловой активности и финансирования.

Учитывая, что качество корабля (судна) и, следовательно, его конкурентоспособность во многом зависят от таких же свойств судового машиностроительного оборудования, которое создается не только для одного строящегося корабля (судна), но и для многих других, очевидна необходимость в постоянной государственной финансовой поддержке НИОКР по судовому машиностроению в виде целевых государственных программ.

Развивая судовое машиностроение для отечественного гражданского и военно-морского флота, экспортное и импортозамещающее производства путем создания и реализации востребованной конкурентоспособной продукции, наше предприятие непрерывно ведет сложный процесс конкурентной борьбы за достойное место как на внешнем, так и на внутреннем рынках страны. ■

**Ц**ентральный научно-исследовательский институт судового машиностроения, которому в этом году исполняется 35 лет, – одно из ведущих предприятий России в области разработки и поставок изделий судового машиностроения, устанавливаемых практически на всех судах и кораблях Российского флота. Основная продукция: манипуляторные устройства для подводных работ, судовые электрогидравлические краны, рулевые машины, подруливающие устройства и успокоители качки, комплекты электрогидравлических механизмов для транспортировки корабельных вертолетов, аксиально-поршневые гидромоторы и насосы высокого давления, палубные механизмы, оборудование водоподготовки.

Для обеспечения конкурентоспособности и высокого качества разрабатываемой продукции руководство института уделяет большое внимание автоматизации всех процессов производственной деятельности. В этой статье мы не будем рассматривать вопросы, связанные с автоматизацией финансово-экономических задач, описания и раскрытия технических характеристик используемого типового компьютерного и сетевого оборудования и прочих неотъемлемых атрибутов любой современной организации, ведущей разработки не только в области судового машиностроения. Более подробно остановимся на автоматизации основных направлений деятельности ЦНИИ СМ, связанных с проектированием и управлением инженерно-конструкторской информацией и документацией, техническим документооборотом, управлением данными о структуре изделия (PDM), его жизненным циклом (PLM).

Для решения перечисленных задач по управлению технической информацией и конструкторской документацией (КД) прежде всего предстояло создать базу данных – электронный архив КД ЦНИИ СМ, который должен был стать основой, «фундаментом» для систем технического документооборота и технической подготовки производства.

Система электронного архива сразу рассматривалась как сложный программно-аппаратный комплекс, работающий в сетевой среде под управлением единого программного ядра и имеющий в своем составе высокопроизводительные устройства ввода-вывода и хранения информации.

При описании комплекса имеет смысл наиболее подробно остановиться на устройствах ввода-вывода информации. Думаем, не стоит обосновывать необходимость их наличия в современной проектной организации. С одной стороны, документы, находящиеся в архиве подлинников конструкторской документации, необходимо скани-

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАО «ЦНИИ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

**Т.В. Ведерникова, С.В. Смирнов,**  
ЗАО «ЦНИИ Судового машиностроения»

ровать для получения электронных копий, которые можно использовать в САД-системах при компьютерном проектировании, а с другой стороны, – для передачи документов в производство и субподрядчикам до сих пор требуются документы на бумажных носителях. Также при рассмотрении комплекса, поговорим и о программном обеспечении (ПО), но об этом ниже.

При определении конфигурации и технических характеристик аппаратной части создаваемого комплекса был выдвинут ряд условий:

- сканер и плоттер комплекса должны обеспечивать обработку документов форматов А4–А0;
- сканер должен работать с документами, выполненными на различной основе (бумага, ватман, калька, «синька» и пр.);
- комплекс должен функционировать как в автономном режиме, так и в составе автоматизированной системы предприятия;
- устройства комплекса и базовое ПО должны поставляться одним производителем;
- стоимость владения комплексом должна быть минимальна.

Проведя маркетинг рынка вышеозначенных устройств и оценив их технические и стоимостные характеристики, специалисты ЦНИИ СМ пришли к выводу, что наиболее полно предъявленным требованиям отвечает инженерный комплекс OCE' TDS400, поставляемый компанией «Consistent Software».

Сканер и плоттер инженерного комплекса OCE' TDS400 обеспечивают ввод-вывод документов форматов А4–А0 с разрешением 600x600 dpi. Скорость вывода информации на плоттер составляет 3 м/мин. Используя базовое программное обеспечение, ска-

нер и плоттер могут работать в автономном режиме как репродуцирующий комплекс, выполняя тиражирование документации со скоростью 2 м/мин. Комплекс установлен в центре вывода графической информации (ЦВГИ) предприятия и обеспечивает вывод документов (приведенных к ф. А4) в объеме от 4500 до 6000 листов в месяц. По набранной статистике, стоимость выпускаемого документа ф. А4 (бумага+тонер) составляет примерно 67 копеек.

В дополнение к комплексу OCE' для обработки большого объема имеющихся в ЦНИИ узкоформатных документов (ф. А4–А3), были приобретены и установлены в ЦВГИ планшетно-поточный сканер «Fujitsu Fi4750С», позволяющий сканировать документы со скоростью до 60 страниц в минуту и сетевой принтер «HP Laser Jet 5100» ф. А3, обеспечивающий печать документов со скоростью от 11 до 22 страниц в минуту в зависимости от формата.

Как отмечалось выше, создание «фундамента» – электронного архива КД ЦНИИ СМ – является одной из приоритетных задач при организации технического документооборота. Поэтому в состав комплекса было включено специальное программное обеспечение SpotLight и RasterID разработки компании «Consistent Software». Данное ПО используется для обработки и повышения качества сканированных изображений, а также для обеспечения гибридной технологии работы с растровыми документами – «растр как вектор».

Благодаря созданию программно-аппаратного комплекса с июня 2004 г. в ЦНИИ СМ развернулись работы по созданию архива электронных копий (ЭК) подлинников конструкторской документации. В настоящий момент

реестр архива ЭК КД насчитывает 61 872 записей, сам архив ЭК содержит 19 247 документов (34 644 файлов). Полный операционный цикл по внесению документов в архив составляет в среднем около восьми документов в час. Для управления архивом ЭК КД специалистами ЦНИИ СМ была разработана подсистема «Архив КД» на основе системы «1С:Предприятие» версии 7.7, которая позволила на начальном этапе обеспечить сохранность ЭК, их систематизацию, выработать конкретные требования к архиву ЭК и отработать методику его создания и ведения.

Прекрасно понимая, что подсистема «Архив КД» – промежуточное звено в процессе создания архива ЭК, а в дальнейшем и технического документооборота предприятия, специалисты по ИТ-технологиям ЦНИИ СМ занялись исследованием рынка программных продуктов на предмет изучения систем управления электронными архивами и проектами (PDM). В ходе этого была проведена опытная эксплуатация нескольких программных систем. Результатом тестирования стал выбор использующей СУБД MS SQL Server системы управления технической информацией и документацией производства компании «Consistent Software» – TDMS (Technical Data Management System),

системы «Архив КД». Также были выполнены работы по установке клиентских мест TDMS на автоматизированных рабочих местах (АРМ) разработчиков КД с разграничением прав доступа пользователей к разделам и информации архива ЭК. Поскольку система TDMS обладает «плавающими» лицензиями, то практически все АРМ предприятия были подключены к информационным ресурсам архива ЭК КД. Хотелось отметить, что система TDMS позволила выполнить работы по переводу архива «на ходу», т.е. без остановки процесса создания ЭК КД.

Внедрение системы продолжилось – был осуществлен переход к реализации задач автоматизации технического документооборота и элементов технической подготовки производства. В основу организации технического документооборота были положены требования стандартов предприятия (СТП), входящих в систему менеджмента качества ЗАО «ЦНИИ СМ» и описывающих процесс разработки КД. Используя имеющийся в TDMS модуль маршрутизации, специалисты выполнили настройку системы на обеспечение технического документооборота электронных документов между участниками процесса разработки КД. Схема движения КД в среде TDMS приведена на рис.1.

следует – внедрение системы способствует выполнению основного требования ISO – описанию процессов.

Используя опыт ряда промышленных предприятий и рекомендации специалистов «Consistent Software», ЦНИИ СМ начал внедрение функций TDMS в части реализации задач учета и проведения извещений об изменениях в соответствии с требованиями СТП предприятия.

Технический документооборот (управления проектом) на предприятии, естественно, сводится не только к представлению информации в виде «электронной модели бумажного архива». Для организации полноценного технического документооборота необходимо иметь возможность построить электронную структуру изделия (проекта) и привязать разрабатываемые на АРМах и функционирующие в среде электронные документы к структуре проектируемого изделия, что было успешно реализовано в системе TDMS. В настоящее время в среде TDMS выполняется проектирование ряда изделий судового машиностроения для кораблей российского и иностранных флотов. В рамках TDMS строится полная структура изделий в виде спецификаций сборочных единиц и ведется заполнение узлов спецификаций соответствующими конструкторскими документами. При-

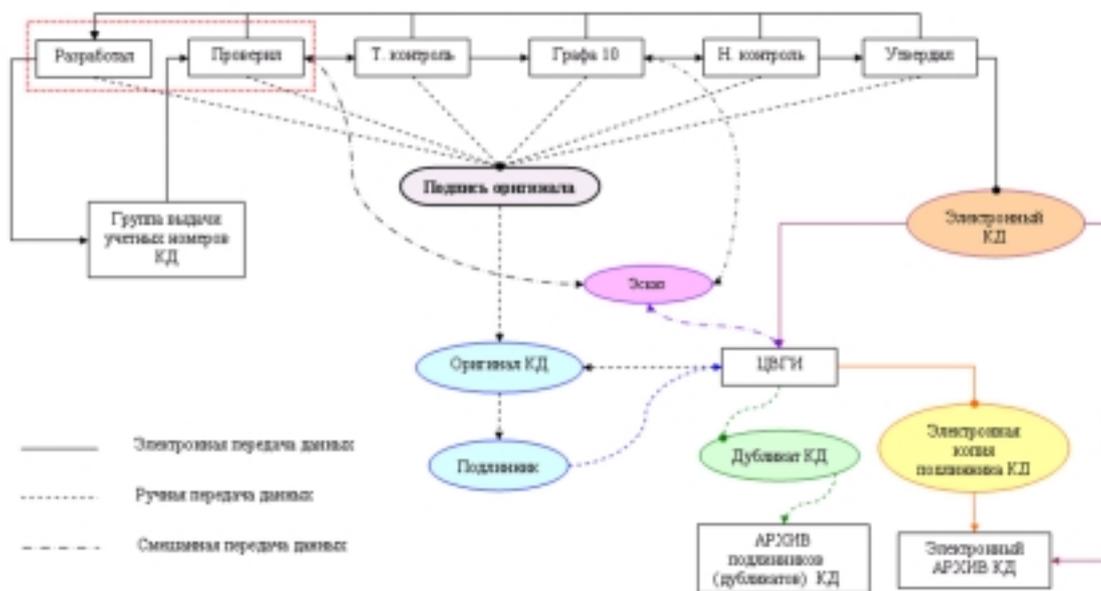


Рис. 1. Схема движения КД в среде TDMS

по всем параметрам и условиям наиболее полно отвечающей требованиям предприятия.

Начальным этапом внедрения данной системы в ЦНИИ стал перевод архива ЭК в среду TDMS. В результате была создана единая база данных, в которую успешно импортированы все учетные записи об ЭК и сами ЭК из

Следует заметить, что внедрение системы TDMS не противоречит требованиям СТП, а наоборот, ведет к их развитию и оптимизации с целью адаптации к объективным реалиям. Это обусловлено тем, что для моделирования и реализации бизнес-процессов в среде TDMS необходимы их предварительная формализация и описание. Из этого

менение TDMS в этих проектах интересно тем, что в их составах присутствуют КД, вновь разработанные на АРМ производственных подразделений и заимствованные из архива электронных копий. Отметим, что TDMS позволяет «привязать» ЭК документов к структуре вновь проектируемых изделий по принципу ссылок.

Структура изделия в системе TDMS может строиться несколькими способами:

– построением дерева изделия в системе TDMS через пользовательский интерфейс с дальнейшим добавлением в эти структуры электронных документов;

– импортом системой TDMS структур изделий, файлов сборок и деталей через программные интерфейсы из следующих CAD-систем: Unigraphics, Catia, ProE, Autodesk Inventor, SolidWorks, SolidEdge, «Компас-3D». Прорабатывается возможность построения интерфейсов со специализированными судостроительными системами Tribon и Foran. В ЦНИИ СМ используется интерфейс с «Компас-3D», Autodesk Inventor «Consistent Software» имеет экспериментальные наработки использования интерфейсов и с другими 3D-системами, отличными от перечисленных;

– импортом из существующих баз данных, содержащих информацию о структуре изделий.

Кроме интерфейсов с 3D CAD-системами TDMS имеет интерфейсы с 2D CAD-системами проектирования – AutoCAD и «Компас». Интерфейс с двумерным «Компасом» также широко используется в ЦНИИ СМ.

В заключение хочется отметить, что в ЗАО «ЦНИИ СМ» активно внедря-

ются и используются современные достижения информационных технологий, ведущие к повышению эффективности деятельности предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Давыденко С.В., Павлович М.М. Реализация системы конструкторского документооборота и решение проблемы тиражирования документации в ЦКБ МТ «Рубин» // CADmaster. – 2000. – № 5. [http://www.cadmater.ru/articles/05\\_pdm\\_of\\_rubin.cfm](http://www.cadmater.ru/articles/05_pdm_of_rubin.cfm)
2. Еремин С., Попов К., Фертман И. Аппаратное обеспечение электронного конструкторского документооборота // CADmaster. – 2001. – № 3. [http://www.cadmater.ru/articles/08\\_hardware\\_for\\_pdm.cfm](http://www.cadmater.ru/articles/08_hardware_for_pdm.cfm)
3. Рындин А. Архив без пыльных полок или способы организации архива предприятия // Jet Info. – 2002. – № 10. [http://www.citforum.ru/cfin/org\\_arh\\_pred/index1.shtml](http://www.citforum.ru/cfin/org_arh_pred/index1.shtml)
4. Голованов В.С., Рябенский Л.М., Давыденко С.В., Острокопыттов Д.О., Тучков А.А., Фертман И.Б. Опыт внедрения комплексных программно-аппаратных решений САПР и электронного архи-

ва инженерной документации на судостроительных предприятиях // Морской вестник. – 2004. – Т. 3. – Вып 1(2). [http://www.esg.spb.ru/win/Events/2004/AV\\_300/Doc/doc\\_taa.htm](http://www.esg.spb.ru/win/Events/2004/AV_300/Doc/doc_taa.htm)

5. Рындин А., Рябенский Л., Тучков А., Фертман И. Технология обеспечения жизненного цикла сложных изделий (PDM/PLM) на базе системы TDMS. – Сб. материалов конференции «Информационные технологии в судостроении Моринтех-Практик 2005»
6. Галкина О., Рындин А., Рябенский Л., Фертман И. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // CADMaster. – 2005. – №1. [http://www.cadmater.ru/articles/26\\_eimk\\_tdms.cfm](http://www.cadmater.ru/articles/26_eimk_tdms.cfm)
7. Рындин А., Рябенский Л., Тучков А., Фертман И. Технологии обеспечения жизненного цикла изделий // Компьютер-ИНФОРМ. – 2005. – №11. <http://www.esg.spb.ru/win/Article/EIMI.htm>
8. Они же. Ступени внедрения ИПИ – технологий // Судостроение. – 2005. – №4.
9. Официальный сайт ЗАО «ЦНИИ СМ», <http://www.sudmash.ru> ■

**UNICONT**  
группа компаний

Производство судового оборудования

- Гироинтерфейс АОРС-101
- NMEA-размножитель АДУ-102
- Судовые блоки питания 110/220/24 PS-103 (150Вт) и PS-103-20А (500Вт)
- Зарядное устройство СН-105 (500Вт)

Металлоконструкции пультов управления судном

Разработка и производство металлоконструкций пультов управления судном и распределительных щитов

Тел: +7 (812) 380 75 81  
+7 (812) 380 75 82  
[www.unicont.spb.ru](http://www.unicont.spb.ru)

**UNICONT**

MTS-1232 Судовая телефонная станция

Универсальный цифровой репитер

HERCULES-10 Судовой блок питания

АДУ-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](mailto:info@unicont.ru)  
[www.unicont.ru](http://www.unicont.ru)

СУДОВЫЕ АВИАТЕЛИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В состав электропривода (ЭП) входят: гребной погружной реверсивный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель (АД), статический преобразователь электроэнергии – преобразователь частоты (ПЧ) со встроенной системой диагностики, щит электропривода (ЩД). На первом этапе проектирования рассматривались два варианта силового питания ЭП.

*Первый вариант* – питание на вход ПЧ подается через выключатели переменного тока непосредственно от генератора заказа. Структурно ПЧ в первом варианте состоит из двух каналов, каждый из которых включает в себя неуправляемый выпрямитель (НВ) и автономный инвертор напряжения (АИН).

*Во втором варианте* питание на вход ПЧ осуществляется через выключатели постоянного тока от выпрямительного агрегата (ВА) заказа. Структурно ПЧ состоит также из двух каналов, каждый из которых является АИН. Различие вариантов заключается в структуре ЩД и ПЧ.

Преимуществами варианта схемы с питанием от ВА заказа, который был в итоге выбран, являются: более простая схема ПЧ (так как из его состава исключаются выпрямители), высокое качество выпрямленного напряжения на выходе ВА, отсутствие необходимости разработки нового выпрямителя. Недостаток этой схемы – наличие одного канала передачи энергии постоянного тока на двухканальный ПЧ, что снижает живучесть ЭП, однако этот недостаток компенсируется наличием трех мостов, размещенных в ВА. На рис.1 приведена функциональная схема электропривода.

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В настоящее время схема ПЧ-АД при требовании глубокого регулирования, реверса и хорошей формы фазных токов строится на основе АИН с широтно-импульсной модуляцией

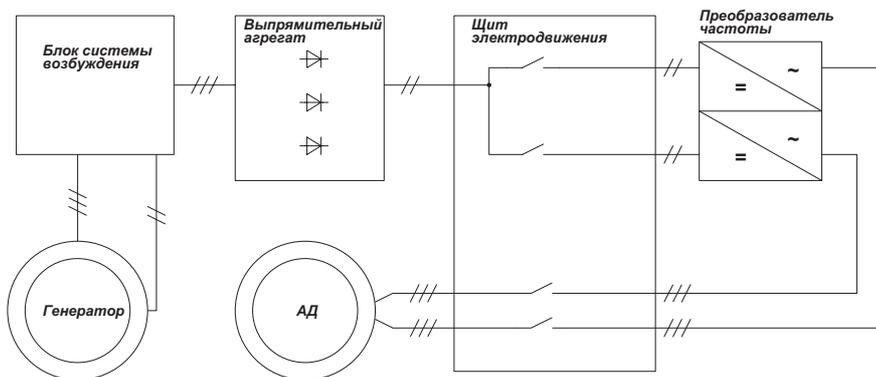


Рис.1. Функциональная схема электропривода

# РАЗРАБОТКА ГРЕБНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

**В.В. Терещенков,**

филиал ОАО «Силовые Машины» – «Электросила»

(ШИМ). Именно АИН обеспечивает регулирование выходной частоты и напряжения ПЧ. Для получения наилучших ВАХ предпочтительнее использование синусоидальной модуляции без уплощения формы синуса. Однако при этом получается наихудшее использование напряжения на входе АИН, а номинальные выходные напряжения АИН – минимальны. Это приводит к ухудшению возможностей электрооборудования и увеличению его потерь. Тут возможен компромисс: модулирующее напряжение несколько уплощается с тем, чтобы увеличить номинальное выходное напряжение АИН, при этом при номинальных частотах вращения АД и близких к ним, появляются дополнительные высшие гармоники в фазных напряжениях АИН и, соответственно, ухудшаются ВАХ АД, но при снижении частоты вращения до 80–90% от номинальной, модуляция ШИМ становится снова синусоидальной с оптимальным спектром токов и напряжений. На рис.2 и 3 представлены спектры фазных напряжений при уплощении формы синусоидального модулирующего напряжения (частоте 50 Гц соответствует номинальная частота тока статора).

Принципиально АИН с ШИМ можно выполнить на такую частоту коммутаций, что форма фазных токов АД будет достаточно близка к синусоидальной. Однако опыт разработки ПЧ

для АД такого рода гребных электроприводов показывает, что наличие значительных высокочастотных составляющих в фазных напряжениях АИН самостоятельно влияет на шумовые характеристики АД. В связи с этим появляется необходимость в установке силового выходного фильтра.

Наличие явно выраженного звена постоянного тока (схема выпрямитель – АИН) с входным LC-фильтром в ПЧ исключает обмен реактивной энергией между двигателем и генератором, обеспечивая при этом разгрузку последнего от реактивного тока двигателя.

Конструкция АД при проектировании принята шестифазной, так как увеличение числа фаз существенно улучшает его шумовые характеристики. Представление о полях, возбуждающих магнитный шум, может быть получено при изучении МДС, создаваемых токами в обмотке статора.

Спектр пространственных гармоник МДС обмотки статора  $n$ , создаваемых произвольной  $m$ -й гармоникой тока, можно определить следующим образом:

$$\nu = \mu \pm 2mk \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (1)$$

где  $m$  – число фаз АД.

В табл.1 представлен гармонический состав МДС статора при числе фаз АД  $m = 3$ , в табл.2 – при  $m = 6$  (знаком «+» обозначено прямое направление вращения поля, знаком «-» – обратное, знаком «±» – пульсирующее).

Первая пространственная гармоника МДС, созданная первой гармоникой тока, вращается в прямом направлении с синхронной частотой  $\Omega_{11}$ . Частота вращения гармоники МДС, созданной гармоникой тока,

$$\Omega_{\mu\nu} = \Omega_{11} \cdot \frac{\mu}{\nu}, \quad (2)$$

а направление вращения ее зависит от знака  $\nu$ . Амплитуды пространственных гармоник МДС, созданных каждой гармоникой тока, убывают пропорционально их порядку  $\nu$ .

Гармоники тока, порядок которых выше числа фаз обмотки статора, создают в основном несинхронные гар-

# **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](mailto:neweradd@comset.net); <http://www.newelectro.ru>

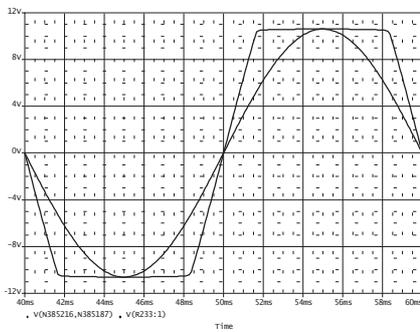


Рис. 2. Спектр фазного напряжения при уплощении синуса при угле  $30^\circ$

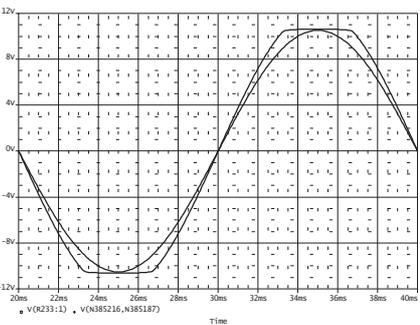
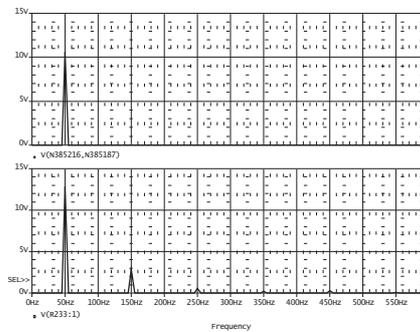
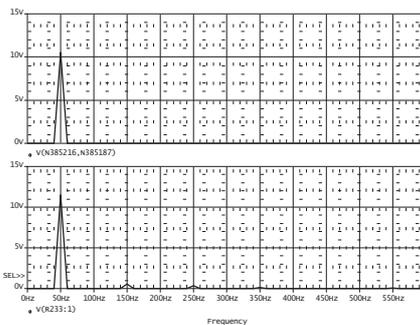


Рис. 3. Спектр фазного напряжения при уплощении синуса при угле  $60^\circ$



моники МДС, и, соответственно, вибрации двигателя. В многофазном АД не все гармоники фазных токов вызывают паразитные пространственные гармоники МДС, что позволяет так спроектировать ПЧ, чтобы последние могли демпфироваться электродвигателем. Кроме этого, значительно снижаются и паразитные пространственные гармоники МДС, образованные идеальными фазными синусоидальными напряжениями (первыми гармониками напряжения, питающего АД).

Ценность этих выводов состоит в том, что если угол между первой и второй звездой АД  $\alpha_m = 30$  эл. град., то гармоники тока и напряжения, которые создают минимальные паразитные поля и вибрации электродвигателя, имеют порядок

$$n = \frac{180^\circ}{\alpha_m} = 6, \quad (3)$$

т.е. гармоники 5 и 7.

Следовательно, если гармоники порядка 11 и 13 малы, можно допустить некоторое уплощение формы фазных напряжений АД (гармоники, кратные трем, вообще отсутствуют как гармоники нулевой последовательности).

Для того чтобы какие-либо гармоники напряжения минимально влияли на вибрации АД, их надо сместить на угол  $180$  эл. град. Тогда для уменьшения влияния гармоник, вызванных опорной частотой, пилю надо сместить на угол

$$\alpha_{1n} = 180 \text{ эл.град.}, \quad (4)$$

для уменьшения влияния гармоник, вызванных двойной опорной частотой пилю надо сместить на угол

$$\alpha_{2n} = 90 \text{ эл.град.} \quad (5)$$

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Исходя из вышеизложенного, ПЧ разработан по шестифазной схеме с многотактной ШИМ. На рис.4 показана структурная схема преобразователя в составе электропривода.

Преобразователь частоты, как упоминалось выше, состоит из двух каналов. Входное силовое напряжение постоянного тока подается на каждый канал отдельно через выключатели, установленные в ИЧД. Мощность одного канала составляет 50% номинальной мощности электродвигателя. Каждый канал работает на одну звезду АД. При этом каждая фаза АИН разбивается на две подфазы, причем синусоидальные модулирующие напряжения подфаз одной фазы одинаковые, а опорные пилю одной подфазы относительно другой сдвинуты на эл. угол

Таблица 1

#### Направление вращения волн поля в трехфазном АД

Порядок временной гармоники тока $\mu$	Порядок пространственной гармоники МДС $\nu$										
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
1	+		-	+		-	+		-	+	
3		$\pm$			$\pm$			$\pm$			$\pm$
5	-		+	-		+	-		+	-	
7	+		-	+		-	+		-	+	
9		$\pm$			$\pm$			$\pm$			$\pm$
11	-		+	-		+	-		+	-	
13	+		-	+		-	+		-	+	

Таблица 2

#### Направление вращения волн поля в шестифазном АД

Порядок временной гармоники тока $\mu$	Порядок пространственной гармоники МДС $\nu$										
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
1	+					-	+				
3		+				-		+			-
5			+	-					+	-	
7			-	+					-	+	
9		-			+			-			+
11	-					+	-				
13	+					-	+				

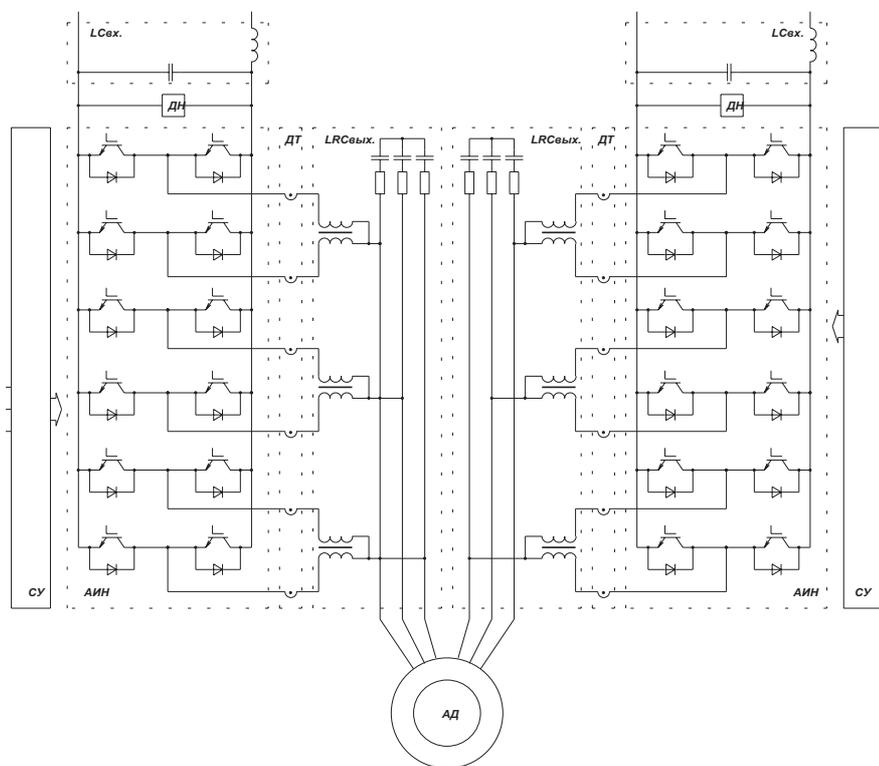


Рис.4. Структурная схема преобразователя

$$\alpha_{\text{оп}} = \frac{2\pi}{N} = \pi, \quad (6)$$

где  $N = 2$  – количество подфаз.

В каждой подфазе устанавливаются уравнивающие дроссели, на которых выделяются некоторые паразитные гармоники от опорной частоты  $f_{\text{оп}}$ .

Опорные напряжения подфаз одной фазы АИН сдвинуты на угол 180 эл. град., а опорные напряжения между звездами сдвинуты на 90 эл. град. Итого имеется четыре пила, сдвинутые друг относительно друга на 90 эл. град.

Вибрации АД на частотах  $f_{\text{оп}}$  отсутствуют благодаря многотактной ШИМ, а на частотах  $2f_{\text{оп}}$  – благодаря сдвигу пил на 90 эл. град. между двумя звездами.

Схема создает принципиально более благоприятный спектр выходных напряжений ПЧ, но имеет удвоенное количество силовых элементов (хоть и на меньшие токи) и удвоенное количество измерительных приборов (датчиков тока) и каналов управления IGBT.

При испытаниях опытного образца ЭП в ПЧ предполагается провести сравнение характеристик при работе по схеме многотактной и однотактной ШИМ. Переход от многотактной к однотактной схеме реализуется путем подачи на подфазы каждой из фаз АИН одинаковых импульсов управления. При этом дроссели выходного силового фильтра выполняют задачу фильтрации частот  $f_{\text{оп}}$ ,  $2f_{\text{оп}}$  и т.д.

На структурной схеме показаны

основные элементы преобразователя, которыми являются входной индуктивно-емкостной фильтр ( $LC_{\text{вх}}$ ), автономный инвертор напряжения (АИН), силовой выходной фильтр ( $LRC_{\text{вых}}$ ).

Входной фильтр ПЧ разработан с учетом того, что ВА заказа имеет мощный блок конденсаторов и сглаживающий дроссель, которые сглаживают пульсации напряжения в звене постоянного тока, обусловленные пульсациями напряжения выпрямителя и пульсациями входного тока инвертора. Преобразование постоянного напряжения в выходное трехфазное переменное осуществляет мостовой инвертор напряжения АИН, собранный на силовых транзисторных IGBT-модулях. Каждый такой модуль включает в себя IGBT-транзистор (биполярный транзистор с изолированным затвором) с шунтирующим обратным диодом. Особенность IGBT-транзисторов состоит в том, что они управляются напряжением на затворе. При нулевом по отношению к эмиттеру напряжении на затворе транзистор мгновенно закрывается. Увеличение напряжения на затворе до 10 В ведет к резкому открытию транзистора. Незначительная мощность управления для таких транзисторов дала возможность существенно уменьшить мощность источника питания системы управления преобразователя. Другой особенностью IGBT-транзисторов является их высокая скорость переключения, что позволило использовать частоту широтно-импульсной модуляции (ШИМ) – 5 кГц и уменьшить бестоковую паузу при переключении ключей инвертора

до 5–7 мкс. В разработанном ПЧ в качестве IGBT-транзисторов используются интеллектуальные модули со встроенным драйвером.

Преобразователь также включает в себя датчики обратной связи – датчик напряжения (ДН) и датчики тока (ДТ). Питание цепей системы управления и диагностирования (СУ) обеспечивается напряжением собственных нужд (220 В, 400 Гц). Через понижающий трансформатор напряжение подается на источник питания, который, в свою очередь, формирует все необходимые уровни напряжений для электронных панелей системы управления. АД в своем составе имеет датчик частоты вращения.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Сама система управления представляет из себя несколько печатных плат, расположенных в блоке, который в свою очередь находится в шкафу преобразователя. Ядром системы управления является 16-разрядный микроконтроллер 167-й серии фирмы “Siemens”. Именно в нем заложена программа, обеспечивающая требуемый закон регулирования и управления электроприводом.

Электропривод не требует высоко-го быстродействия системы автоматического регулирования (САР), больших пусковых и динамических моментов, а также точного задания потока и момента АД. Также не требуется и высокой точности задания частоты вращения АД. Номинальный режим может быть достигнут регулировкой в условиях заказа.

Одним из основных требований ЭП является получение наилучшего спектра фазных токов и напряжений ПЧ. К САР это также имеет прямое отношение, так как наличие отрицательных обратных связей в ЭП может вызывать дополнительные паразитные гармоники тока и, соответственно, вибрации АД.

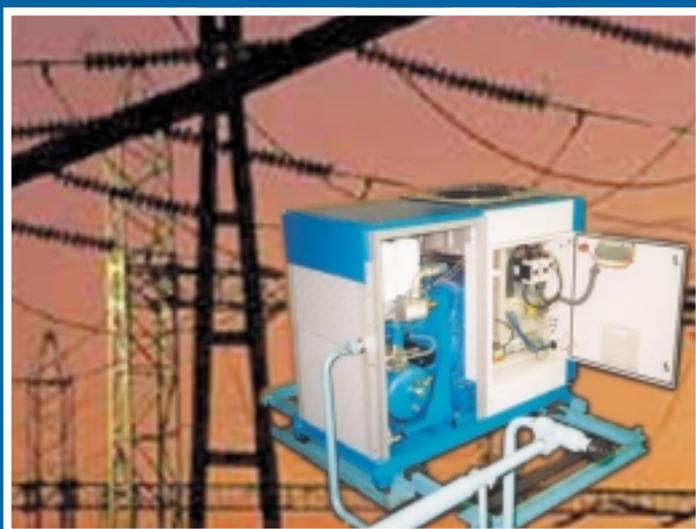
Таким образом, в разработанной схеме имеется минимальное число отрицательных обратных связей в САР.

Микроконтроллер проводит обработку всех сигналов, в том числе сигналов о неисправностях с драйверов IGBT-транзисторов, выдает импульсы управления на них. Кроме панели процессора, в блок системы управления входит панель согласования уровней сигналов, принимаемых от датчиков силовой части к уровням КМОП-логики и аналоговых входов АЦП. На индикаторную панель возможен вывод различных текущих величин (напряжения, токи, и т.п.). Кроме того, с помощью индикаторной панели возможен ввод и запоминание в памяти микро-



# ОАО «КОМПРЕССОР»

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](mailto:office@compressor.spb.ru), [www.compressor.spb.ru](http://www.compressor.spb.ru)

контроллера параметров ЭП. Питание всех панелей обеспечивается от стабилизаторов напряжения, которые также находятся в блоке управления.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В процессе разработки преобразователей частоты необходимо тщательно выбирать не только элементную базу, но и детально прорабатывать конструкцию силовой части шкафа. Как упоминалось выше, в инверторе напряжения используются быстродействующие IGBT-транзисторы, при переключении которых возникают перенапряжения в силовых цепях. Энергия, вызывающая эти перенапряжения пропорциональна паразитной индуктивности шин и квадрату рабочего тока. Следовательно, для устройств с большим рабочим током, необходимо минимизировать индуктивность силовой цепи. Для этих целей в разработанных преобразователях используется специальная конструкция шин, а именно – слоистые шины, состоящие из чередующихся медных пластин и изоляционных слоев. Широкие и тонкие пластины значительно уменьшают паразитную индуктивность в силовой цепи.

Для уменьшения всплесков напряжения при переключениях транзисторов разработаны специальной конструкции демпфирующие (снабберные) цепи, установленные на минимальном расстоянии от выводов каждого из IGBT-модулей. Снабберные цепи включают в себя RCD-цепи, которые снижают перенапряжения, вызванные индуктивностями в шине между фильтровым конденсатором и модулями; RC-цепи, которые снижают перенапряжения, вызванные индуктивностями выводов модулей; варисторы, которые ограничивают сверхвысокочастотные перенапряжения при возникновении токов короткого замыкания; высоко-

частотные пленочные конденсаторы. Схема используемого снаббера приведена на рис.5.

Максимальная паразитная индуктивность снаббера  $L_s$  может быть определена исходя из допустимой величины перенапряжения  $\Delta V$ :

$$L_s = \frac{\Delta V}{di/dt} \quad (7)$$

где  $di/dt$  – скорость изменения тока при выключении транзистора или восстановлении обратного диода. Обычно  $di/dt$  не превышает величины  $20 \times I_c$  (А/мкс).

При амплитуде тока 420 А (для одной подфазы преобразователя), задавшись ограничением  $\Delta V$  до 400 В, индуктивность снаббера получаем

$$L_s = \frac{400}{20 \times 420} \approx 50 \text{ нГн.}$$

Исходя из полученной величины проводился выбор элементной базы, где учитывалась индуктивность выводов каждого элемента и монтажа.

Величину емкости конденсатора RCD-цепи можно выбрать, исходя из условия, что энергия, запасенная в индуктивности шин, должна перейти в энергию конденсатора:

$$1/2 L_p \times i^2 = 1/2 C \times \Delta V^2 \quad (8)$$

где  $i$  – рабочий ток;  $L_p$  – паразитная индуктивность шины между Сф и АИН.

Индуктивность шин составила примерно 0,1 мкГн; при допустимом  $\Delta V=400$  В получим величину конденсатора

$$C_3 = \frac{L_p \times (i \cdot k_{\text{зап}})^2}{\Delta V^2} = \frac{0,1 \times (420 \cdot 3)^2}{400^2} \approx 1 \text{ мкФ.}$$

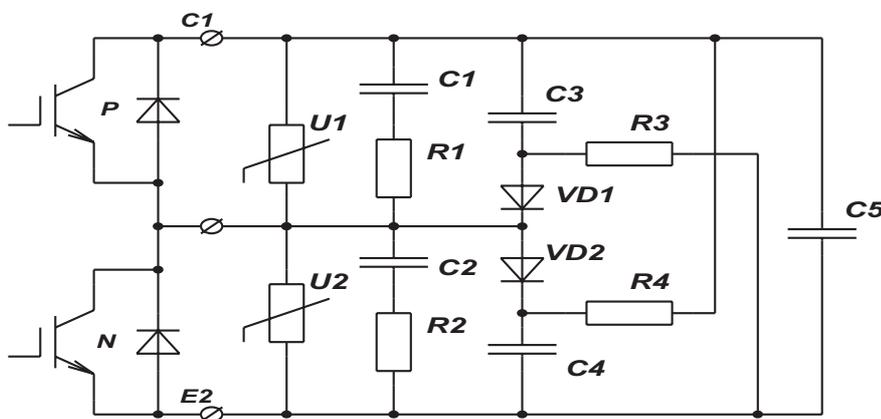


Рис.5. Схема снабберных цепей

Величина резистора выбрана таким образом, чтобы постоянная времени снаббера получилась в три раза меньше периода несущей частоты.

Параметры индивидуальных RC-цепей выбираются из приемлемой величины потерь  $DP\delta$  в резисторах

$$C1 = \frac{\Delta P_{\delta}}{V_{\text{max}}^2 \cdot f_{\text{on}}}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{max}}$  – максимально допустимое напряжение на IGBT-транзисторе (напряжение в звене выпрямленного тока 320 В).

$$C1 = \frac{160}{720^2 \cdot 5000} = 0,06 \text{ мкФ.}$$

Величина сопротивления

$$R = \frac{V_{\text{max}}}{2 \cdot i}, \quad (10)$$

откуда получаем  $R \gg 1$  Ом.

Потери транзисторных модулей с резисторами демпфирующих цепей отводятся с помощью водяного охладителя (расчетная величина всех потерь в ПЧ составляет 15–18 кВт).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный электропривод с частотным управлением АД позволяет обеспечить плавное регулирование частоты вращения АД, пуск и длительную работу на любой частоте вращения без перегрузки по току. Разработанная микропроцессорная система управления позволяет реализовать необходимые законы регулирования. При этом достигаются все регулировочные свойства, характерные для привода постоянного тока, при сохранении преимуществ асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шубов И.Г. Шум и вибрация электрических машин. – Л.: Атомэнергиздат, 1986.
2. Ройтгарц М.Б. Электромагнитные поля, силы и моменты при синусоидальном и несинусоидальном питании асинхронного электродвигателя. – СПб.: СПГУ, 2004.
3. Найфэ А.Х. Методы возмущений. – М.: Мир, 1976.
4. Using IGBT&IPM Modules, Mitsubishi Electric, 2001. ■



информационно - поисковая система

[www.korabel.ru](http://www.korabel.ru)

Участники раздела	№ страницы журнала
Финплекс-Тетракем АО	23
Химекс Лимитед	24
UNICONT (группа компаний)	39
UNICONT	39

О своеение морских нефтегазовых месторождений по целому ряду причин относится к числу наиболее опасных видов деятельности на море и может сопровождаться значительными рисками, спектр которых чрезвычайно широк [1].

Трубопроводные системы как один из основных элементов объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений являются самым уязвимым (с точки зрения надежности) звеном нефтегазодобывающих комплексов на континентальном шельфе. Это объясняется прежде всего следующими специфическими факторами риска:

– труднодоступностью морских трубопроводов для контроля технического состояния с помощью внешних технических средств;

– спецификой морских магистральных трубопроводов, связанной со значительными расстояниями между соседними компрессорными станциями (так, для Североевропейского газопровода это расстояние составляет до 1200 км, для трубопроводной системы Штокмановского газоконденсатного месторождения – 600 км).

Для морских трубопроводных систем характерно следующее:

1) повышение давления в трубопроводе, приводящее к повышению напряженности его конструкций;

2) увеличение расстояния между задвижками, перекрывание которых изолирует поврежденный участок трубопровода;

3) исключительно высокая цена аварий, приводящая к выбросам продукта, что обуславливается:

– увеличенными потерями транспортируемого продукта (прямые финансовые потери);

– масштабами сопутствующего потенциального экологического бедствия (выброс продукта из трубопровода в водную среду и перенос его течениями);

– масштабами технических трудностей и финансовых затрат при проведении аварийно-восстановительных работ под водой;

4) трансграничный характер аварий, в которых, как правило, проходят морские магистральные трубопроводы, что резко повышает сопутствующие политические риски вследствие риска распространения на пограничные государства экологических последствий в случае аварий с выбросом продукта в водную среду, облегчает доступ третьих лиц к трубопроводу с целью причинения умышленного ущерба.

При этом вследствие географических особенностей российского континентального шельфа, удаленности разведанных российских месторождений

# ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

*П.Г. Бродский, д-р воен. наук, проф., заместитель главного инженера ФГУП «ГНИНГИ Минобороны России»,*

*А.Л. Гутников, канд. техн. наук, советник генерального директора ОАО «Электромеханика»,*

*В.П. Ленъков, канд. техн. наук, главный конструктор направления ФГУП «ГНИНГИ Минобороны России»*

нефти и газа на шельфе от промышленно развитых районов значительна (в среднем) увеличена длина трубопроводов и, как следствие, повышено операционное давление, также увеличена толщина стенок трубы.

В соответствии с отечественными и зарубежными требованиями эксплуатации морских трубопроводных систем невозможна без обеспечения их промышленной и экологической безопасности, а значит, снабжения соответствующими средствами и применения передовых технологий.

Вследствие повышенных рисков эксплуатации морских трубопроводных систем обязателен мониторинг их технического состояния с целью раннего выявления дефектов конструкции трубопровода и предупреждения аварий, влекущих за собой катастрофические последствия.

Развитие российского нормативно-правового регулирования в технических областях ориентировано на гармонизацию с зарубежными нормами и стандартами [2], которые, как, например, стандарты DNV, предписывают обследование конструкции морских трубопроводов и обнаружение дефектов (разд. 10, п.В, E DNV-OS-F101), инспекцию и контроль внешней и внутренней коррозии (разд. 10, п.С, D DNV-OS-F 101) [3].

В связи с вышеизложенным необходимо формирование системы эксплуатационного мониторинга морских трубопроводных систем как фактора снижения рисков аварий с тяжелыми (вплоть до катастрофических) последствиями технического, экономического и экологического характера, приня-

тие унифицированных системных решений и выбор соответствующих технических средств, а также режимов использования этих средств, что делает целесообразным рассмотрение этой системы мониторинга трубопроводов как функциональной подсистемы комплексной системы безопасности на континентальном шельфе Российской Федерации с обеспечением ее интеграции с другими функциональными подсистемами [4].

Целью регулярных обследований такого морского трубопровода является определение его технического состояния, оценка возможности безаварийной эксплуатации и выработка рекомендаций по проведению ремонтно-восстановительных работ.

Организация мониторинга технического состояния морских трубопроводных систем базируется на опыте аналогичных технических решений, принятых для наземных магистральных трубопроводов, но с обязательным учетом рассмотренной выше специфики.

При такой схеме организации работ в результате обследования трубопровода должны быть выявлены и продиагностированы участки, представляющие потенциальную угрозу для его целостности, а именно: участки коррозионных поражений внутренних и наружных стенок труб, дефекты сварки в продольных и поперечных швах, нарушения изоляции трубопровода.

Кроме того, должны быть выявлены и оценены внешние условия, влияющие на техническое состояние и безопасное функционирование тру-

бопровода – локальные промоины морского дна, движение песчаных волн, сейсмическая обстановка в районе трассы.

В каждом случае обнаружения механического или коррозионного дефекта должна быть выполнена тщательная оценка его воздействия на безопасность и надежность работы трубопровода, позволяющая выбрать вариант дальнейших условий эксплуатации трубопроводной системы и метод ремонта.

Оперативный контроль за внешними факторами риска (геодинамикой, природно-климатическими условиями и т.п.) должны осуществлять соответствующие функциональные подсистемы КСБ. Последствия воздействия факторов риска определяются с помощью оценок параметров технического состояния трубопровода, прежде всего таких, как:

- 1) параметры состояния конструкции трубопровода, в том числе:
  - планово-высотные характеристики трубы;

- геометрические параметры поперечных сечений трубы;

- 2) параметры структурных изменений в материале стенок трубы (дефектов стенки);

- 3) данные периодического визуального осмотра и др.

Исходя из предлагаемой схемы организации обеспечения всестороннего контроля за параметрами технического состояния морских трубопроводов средства диагностики, применяемые в составе системы мониторинга, должны включать:

- 1) телеуправляемые подводные аппараты (ТПА) со средствами визуального контроля (вместе с комплектом средств технического обслуживания и адаптации к судно-носителю);

- 2) комплекс датчиков первичной информации, например датчиков вибрации стенки трубы (вместе с системой сбора и передачи информации);

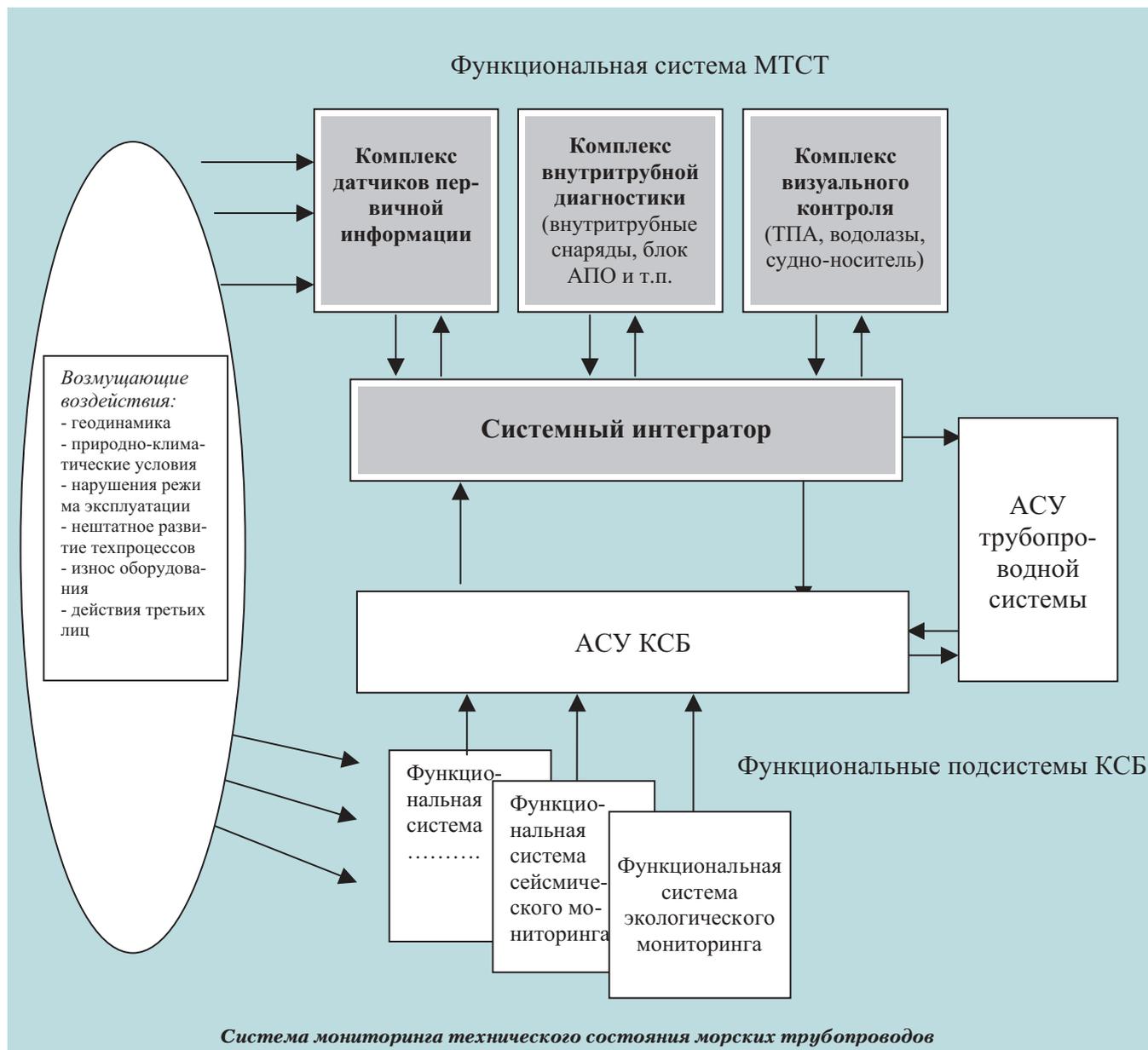
- 3) комплекс технических средств контроля планово-высотных характеристик, геометрических параметров и дефектации стенок трубы (в мировой

практике такими техническими средствами являются снаряды внутритрубной диагностики).

Предлагаемая система мониторинга технического состояния морских трубопроводов (МТСТ) в контексте с функциональными подсистемами КСБ может быть представлена в виде, показанном на рисунке.

Отличительной особенностью предлагаемой системы является комплексность эксплуатационного мониторинга морских участков трубопровода, включающего контроль и диагностику технического состояния, определение планово-высотных координат положения трубопровода, местоположение дефектных участков, контроль экологического состояния и обнаружение факта несанкционированного доступа к объекту, автоматизированное управление системой.

Применение тех или иных аппаратных средств диагностики (прежде всего внутритрубных снарядов, а также ТПА) должно определяться комплексом программ оперативной



обработки, которые вырабатывают рекомендации для принятия управленческих решений по применению аппаратных средств диагностики, в том числе по прогонам снарядов и спускам ТПА.

Прогоны внутритрубных снарядов должны выполняться как в плановом порядке с периодичностью, определяемой специфическими параметрами трубопровода и условиями районов прохождения трассы, так и в оперативном порядке: на основании показаний АСУ трубопроводной системы или других функциональных подсистем КСБ. Принятие решения о внеплановом прогоне внутритрубного снаряда может, например, определяться следующими обстоятельствами:

- воздействием гидрометеорологических и природно-климатических факторов (например, ледовым покровом прибрежных районов, вызывающим резкие изменения условий окружающей трубопровод среды, течениями и другими причинами, обуславливающими появление свободных пролетов трубопровода, его вибрационное нагружение);

- зафиксированными проявлениями сейсмической активности в районе трассы;

- зафиксированными действиями (или попытками проникновения в район трассы) третьих лиц.

Следует отметить, что алгоритмы принятия подобных решений являются достаточно сложными, так как во внимание должны приниматься не только упомянутые выше обстоятельства, но и стоимость каждой процедуры прогона внутритрубного снаряда, т.е. управленческие решения.

Внешний осмотр и контактный контроль во время этих наружных осмотров конструкции трубопровода может обеспечиваться с помощью ТПА и (или) водолазов и включать:

- визуальный телеметрический осмотр,
- измерение потенциала катодной защиты,
- измерение географических координат.

Спуски ТПА (тем более, водолазов) в оперативном порядке для осмотра подозрительных участков трубопровода должны проводиться на основании следующих данных:

- обработки информации, полученной после прогона внутритрубных снарядов (о нарушении геометрии сечений, недопустимом изменении планово-высотных координат или выявлении дефектов стенки трубы);

- показаний датчиков первичной информации на отдельных участках трубопровода;

- сигналов других функциональных подсистем КСБ (например, о несанкционированном проникновении третьих лиц в зону трассы трубопровода или о появлении химических аномалий в водной среде).

Развертывание системы мониторинга технического состояния морских трубопроводов (МТСТ) при реализации отдельных проектов в шельфовой зоне должно проводиться на основе базовых технических и управленческих решений по адаптации к специфическим условиям конкретного района, что позволит минимизировать затраты по созданию МТСТ по отдельным проектам и стандартизовать средства, методы и режимы ее применения.

В предлагаемом комплексе средств эксплуатационного мониторинга реализован предусмотренный правилами DNV системный подход к управлению эксплуатационными и технологическими рисками и ориентирован на нахождение устойчивого равновесия между безопасностью, функциональными возможностями и стоимостью объекта и производства ремонтно-восстановительных работ и может быть положен в основу технической реализации трубопроводных систем Штокмановского газоконденсатного месторождения, Североевропейского газопровода и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев С.П., Добротворский А.Н.* Комплексная система обеспечения безопасности морских трубопроводных систем на континентальном шельфе России // Морской вестник – 2005. – № 2 (14). – С. 49–50.
2. Федеральный Закон РФ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 января 2002.
3. Комплекс стандартов по проектированию морских трубопроводов DNV-2000, Det Norske Veritas, 2000.
4. *Алексеев С.П., Добротворский А.Н., Яценко С.В.* Современное направление работ в строительстве газопроводов – создание комплексной системы обеспечения безопасности морских участков. – Тр. конференции «Нева-2005», 2005, Санкт-Петербург. – С.14–17. ■



**Б**езопасность мореплавания и технология перевозок грузов морем в современных условиях требуют повышенного внимания.

Согласно аварийной статистике, представленной «Royal Institute of Naval Architects», происшествия с судами для перевозки генеральных грузов, а их численность составляет – 20% мирового торгового флота, приводят каждый год к потере до 90 судов и 170 жизней, что составляет более 40% общих потерь и почти 40% несчастных случаев с людьми, что превышает показатели потерь судов любого другого типа.

Достоверная информация о свойствах и характеристиках перевозимых грузов существенно влияет на уровень безопасности и сохранности перевозки, поскольку численные значения показателей транспортных характеристик грузов используются при расчетах остойчивости судов, несмещаемости и крепежа грузов.

# НЕДОСТАТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ФАКТИЧЕСКОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ - ПРИЧИНА АВАРИЙНОСТИ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ

**В.П. Худин**, генеральный директор  
ОАО «Системы управления и приборы»,  
**В.Е. Салов**, старший преподаватель  
УТЦ «Ласточка»



Плохое знание свойств и характеристик грузов приносит весьма ощутимые материальные убытки. Экономические последствия недостаточного учета таких свойств были подсчитаны страховщиками. Анализ крупных (стоимостью более 100 тыс. долл.) исков, связанных с грузом, проведенный «Клубом P&I» (Английский клуб взаимного страхования судовладельцев) показал, что между 1987 и 2001 гг. Клубом зафиксировано свыше 2400 претензий общей стоимостью 678 млн. долл., а это, по классификации клуба исков, около 41% числа крупнейших.

Аварийные ситуации, которые происходят вследствие неправильного размещения, укладки и крепления грузов,

приводят к опрокидываниям судов (потеря остойчивости) не только в море, но и у причалов во время грузовых операций. По данным Токийского института морского флота, 78% опрокидываний происходит в 50-мильной зоне. Вывод простой: «неправильно загрузился – далеко не уплывешь».

В условиях увеличения интенсивности грузовых операций и работы сокращенными экипажами на аварийность сильно влияет «человеческий фактор» (до 93%). При этом «чистая вина» экипажа – 35%. Это, как правило, работа без учета и постоянного контроля изменяющихся характеристик груза (масса и центр тя-

# **УП** ОАО "СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИБОРЫ"

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**

ОАО «Системы управления и приборы»  
Россия, 194021, г.Санкт-Петербург, ул.Карбышева, 15  
тел. (812) 247-74-60, e-mail: suip@rol.ru

жести). Так, например, проверками было установлено следующее:

– практически на всех проверенных судах смешанного “река–море” плавания расчеты остойчивости, подготовленные экипажами для предъявления в Инспекцию Государственного портового контроля для получения разрешения на выход судна в море, представляют собой переписанные от руки копии вариантов загрузки судна лесным грузом с УПО (удельный погрузочный объем), равным  $2,32 \text{ м}^3/\text{т}$ , зачастую единственного варианта, имеющегося в судовой Информации об остойчивости, в то же время фактический УПО, определенный по результатам загрузки трюмов и указанный в Информации грузоотправителя, составлял  $2,84\text{--}3,72 \text{ м}^3/\text{т}$ . Занижение принимаемого к учету значения УПО груза ведет к завышенному значению рассчитываемой метацентрической высоты и, следовательно, к ошибке в опасную сторону в оценке остойчивости судна.

Используемый на судах расчетный метод контроля фактической остойчивости с компьютерными программами, одобренными Российским Морским Регистром судоходства, зависит от точности вносимых характеристик грузов (масса и центр тяжести). Исследования, проведенные как в нашей стране, так и за рубежом, показывают, что массы и центры тяжести многих грузов (контейнеры, лес, тяжеловесные грузы и многие другие) имеют существенное отличие от заявленных грузоотправителем. Например, только по контейнерным грузам ошибки в весе достигают 2–6 т в зависимости от районов плавания. При этом хуже всего, что целые партии грузов по 40–60 контейнеров могут иметь отклонение в одну сторону – уменьшения фактического веса.

Естественно, что даже при наличии хорошей программы на компьютере одобренного типа расчет метацентрической высоты приводит к завышенной оценке остойчивости судна.

Неверная оценка остойчивости лишает капитанов возможности полного использования материалов, содержащихся в судовых Наставлениях по креплению грузов, при выборе схем размещения и крепления грузов с учетом характеристик судна, груза и ветро-волнового режима районов предстоящего плавания.

Памятуя о возможных ошибках при расчетах, капитаны вынуждены идти на перестраховку, округляя в сторону ближе к “опасному значению”, что зачастую приводит либо к недогрузу, либо к излишней балластировке.

Однако в ряде случаев, находясь под давлением судовладельца, они идут на необоснованный риск, который в итоге может закончиться серьезной аварией, а иногда и гибелью судна, груза и экипажа.

В результате многолетней работы Международной морской организации (ИМО), в том числе с участием российской науки, была разработана новая гл. VI “Перевозка грузов” Международной конвенции СОЛАС–74 с поправками, которая вступила в силу с 1996 г. Требования правил VI/1 и VI/2 обязывают грузоотправителя представить, а государство удостоверить, что обеспечена соответствующая Информация о грузе.

Правило VI/5 требует, чтобы все грузы, кроме навалочных и наливных, были погружены и закреплены в течение рейса в соответствии с Наставлениями по креплению грузов, одобренных Администрацией.

С целью выполнения указанных требований разработаны и утверждены приказом Министерства транспорта России от 21 апреля 2003 г. № ВР-1/П “Правила безопасной морской перевозки грузов” (РД 31.11.21.16-2003)



В связи с появлением большого числа новых стивидорных компаний, в том числе и на внутренних водных путях, требуется усиление контроля за выполнением этого руководящего документа.

Анализ причинно-следственных связей аварийности показывает, что типичными нарушениями эксплуатации являются:

- отсутствие постоянного контроля за фактической остойчивостью во время грузовых операций;
- перегруз судов, недоучет конструктивных особенностей судов (осушение днищевых балластных танков, влияние свободных поверхностей и т.п.);
- недостаточная подготовка и опыт экипажа при действиях в экстремальных условиях (неправильная оценка фактической остойчивости и неправильно принятые решения, неучет факторов, влияющих на изменения остойчивости судна).

С целью уменьшения аварийности при перевозке генеральных грузов необходимо осуществить следующее:

- усилить контроль за выполнением «Правил безопасной морской перевозки» (РД 31.11.21.16-2003);
- на судах, перевозящих палубный груз (особенно контейнеры, лес, тяжеловесные грузы), установить технические автоматизированные средства, позволяющие осуществлять оперативный контроль фактической остойчивости (Требования ИМО резолюция А-749, Правила Российского Морского Регистра судоходства гл. IV “Остойчивость”);
- усилить подготовку экипажей судов путем введения тренажерной подготовки по грузовым операциям судов, перевозящих генеральный груз (Требования резолюции ИМО А.849(20) и ПДМНВ-78/95, гл. А1 и А2).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Снопков В.И., Конопелько Г.И., Васильев Б.В. Безопасность мореплавания: Учебник для вузов / Под редакцией В.И. Снопкова. – М.: Транспорт. – 1994. – 247 с.
2. Е.Б. Карпович (ЦНИИМФ) Нормирование безопасности морской перевозки генеральных грузов: Тез. докл. – VII Международ. конфер. «Российское судостроение и судоходство на мировом рынке», 2003.
3. В.Е. Салов (ЗАО «Судовые системы») Автоматизированная система контроля остойчивости судна: Тез. докл. – VII Международ. конфер. «Российское судостроение и судоходство на мировом рынке», 2003. ■

**С**овременный морской нефтегазовый комплекс (МНГК) представляет собой сложную геотехническую систему, в которой непрерывно взаимодействуют две подсистемы - природная и техногенная. Оптимизация все возрастающей техногенной нагрузки от МНГК на окружающую среду (ОС) при освоении минеральных ресурсов океана должна базироваться на принципе соответствия техногенного фактора (уровня и объема техногенеза) природному (способности биосферы к самоочищению и самовосстановлению). Этот принцип лежит в основе концепции «устойчивого развития» человеческого сообщества, впервые сформулированной на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия). Важнейшим условием реализации этой концепции, которой в настоящее время следует большинство цивилизованных государств нашей планеты, применительно к Мировому океану является организация эффективной охраны морской среды, в том числе при освоении ископаемых энергоресурсов континентального шельфа. В данной работе основное внимание уделено технологическому аспекту этой деятельности, ориентированному на создание и промышленное внедрение новейших ресурсосберегающих и экологически обоснованных промышленных технологий и технических средств морского недропользования.

В «Декларации по окружающей среде и развитию» Конференции ООН 1992 г. отмечено, что «... устойчивое развитие (sustainable development) есть длительный, управляемый и демократический процесс изменения общества на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях, нацеленный на улучшение качества жизни для настоящего и будущего поколений людей при условии ограничения техногенной нагрузки на природные экосистемы рамками их жизнеобеспечивающей способности...».

Главной особенностью использования международным сообществом концепции устойчивого развития является ориентация на [1, 2]:

- борьбу не столько с последствиями, сколько с причинами экологически несообразной техногенной деятельности человека, разрушающей природную среду;
- переход к повсеместному использованию экологически обоснованных методов ведения хозяйства и широкое использование малоотходных и безотходных технологий производства;
- понимание неразрывного единства экологических, экономических, правовых и технологических аспектов природопользования.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОСВОЕНИИ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА

**И.В. Алешин**, д-р техн. наук, проф.,  
**И.Н. Антошкин**, магистрант,  
**В.К. Гончаров**, д-р техн. наук, проф.,  
**Я.Ю. Карелина**, аспирант,  
**А.С. Портной**, канд. техн. наук, доцент,  
**В.Н. Разуваев**, д-р техн. наук, проф.,  
*кафедра океанотехники и морских технологий, СПбГМТУ*

Основные направления перехода нашего государства к устойчивому развитию утверждены Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г. Для России реализация концепции устойчивого развития имеет особое значение, поскольку в настоящее время наше государство - один из признанных лидеров добычи и использования ископаемых энергоресурсов, доходы от экспорта которых в значительной степени определяют валютные резервы национальной экономики. Планируемое в ближайшие годы широкомасштабное освоение углеводородного сырья (УВС) российской части континентального шельфа арктических морей должно сопровождаться адекватными государственными мероприятиями по охране окружающей среды, что позволит предотвратить разрушение особо уязвимых для техногенного воздействия прибрежных морских экосистем арктических регионов нашего государства.

В наших работах [3, 4] ранее были проанализированы экологические аспекты морского недропользования.

В данной работе основное внимание мы уделим технологическому аспекту этой деятельности.

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ МНГК

Как было отмечено в работах [1–4], функционирование МНГК неизбежно связано с интенсивным техногенным воздействием на ОС при осуществлении практически любых технологических операций по освоению ископаемых энергоресурсов морского дна (рис.1).

В концептуальном плане технологические аспекты обеспечения экологической безопасности при освоении природных ресурсов континентального шельфа должны реализовываться по двум основным направлениям:

- совершенствование существующих и разработка новых технологий морского недропользования, снижающих техногенное воздействие со стороны МНГК на атмосферу, гидросферу и литосферу нашей планеты;



Рис.1. Структура техногенного воздействия от МНГК на ОС

- повышение эффективности информационно-измерительных технологий экологического контроля, обеспечивающих раннее выявление и изучение техногенного загрязнения ОС, а также прогнозирование его динамики

Поскольку наибольший вред ОС причиняется при авариях на МНГК, то при рассмотрении указанных направлений наибольшее внимание должно быть уделено технологическим мероприятиям по предотвращению аварийных ситуаций, скорейшей ликвидации их последствий, а также разработке методов оперативного обнаружения, изучения и прогнозирования динамики локальных нарушений экологического равновесия в местах возникновения таких ситуаций [5].

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ МНГК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Наиболее существенные технические мероприятия, направленные на решение поставленной задачи, систематизированы в табл.1.

Как уже было отмечено, наибольшую опасность для ОС представляют аварийные ситуации на МНГК, прежде всего связанные с разливами нефти и нефтепродуктов. Такие аварии могут привести к существенному загрязнению ОС, в том числе - поверхности акватории и береговой черты, причем в соответствии с международным и российским законодательствами нанесенный ОС ущерб (гибель рыбы и морепродуктов, деградация природных морских экосистем и т.д.) должен быть компенсирован. Существенные затраты необходимы также для очистки поверхности акватории и побережья, если не удастся предотвратить вынос на берег нефти. Кроме того, требуются время и средства для ликвидации технических последствий аварийного происшествия (ремонт или замена оборудования и судовых конструкций), а это, в свою очередь, сопровождается простоем добычного оборудования, терминалов и танкеров. Поэтому последний раздел в табл.1 имеет особо важное значение для обеспечения экологической безопасности ОС в местах функционирования МНГК.

## 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ТАНКЕРАМИ И ПО ПОДВОДНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

Транспортные операции по доставке добытого на континентальном шель-

фе УВС начинаются с погрузочно-разгрузочных работ, сопряженных с риском аварии - например, столкновения с терминалом, приводящим к разливу нефти. Как уже было отмечено ранее, риск рассматриваемой аварии имеет определенный стоимостный эквивалент, который может быть оценен с достаточной степенью конкретности. На этой основе можно создать компьютеризированную систему для обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных операций, исходя из условия минимизации риска.

Риск аварийного разлива нефти существует всегда, даже в самых благоприятных погодных условиях. При ухудшении погоды - при усилении ветра и росте волнения, при снижении видимости из-за атмосферных осадков или тумана, тяжелых льдов и т.п. - риск столкновения с терминалом и последующего разлива нефти возрастает. Идеальные погодные условия: безветрие, штиль, прозрачная атмосфера, наблюдаются на море достаточно редко, особенно в средних и высоких широтах. Однако следует заметить, что тяжелые погодные штормовые или ледовые условия, когда маневрирование танкера вблизи терминала вообще невозможно, наблюдаются не столь часто и имеют ограниченную длительность. Внутри этого диапазона погодных условий устанавливаются ограничения по ветру, волнению и другим параметрам, когда погрузочно-разгрузочные операции у терминала запрещаются, исходя из прочности перегрузочного и швартовного оборудования, безопасности маневрирования и т.п.

Оценка погодных условий на море на каждом конкретном участке акватории всегда имеет субъективный характер. Во многих случаях погодные условия не представляются благоприятными для швартовки, хотя они и не могут быть отнесены к случаям, когда работа танкера у терминала вообще запрещена. И в этом случае перед руководителем операции возникает дилемма: дожидаться желаемых более благоприятных погодных условий, или рисковать, т.е. осуществлять погрузочно-разгрузочные работы при существующей погоде. Ожидание желаемой погоды сопровождается финансовыми потерями из-за простоя танкера и терминала и из-за упущенных доходов от несвоевременной поставки нефти заказчику. Выполнению погрузочно-разгрузочных работ в сложных погодных условиях сопутствует повышенный экологический риск, определяемый финансовыми потерями из-за возможного аварийного разлива нефти. Поэтому для планирования операций танкерного флота на морских терминалах предлагается объективный фор-

мализованный критерий, позволяющий принять обоснованное решение о производстве работ в существующих погодных условиях, или о выжидании благоприятной погоды при допустимом сроке связанного с этим простоя [9,10,11]. Этот критерий - комплексный фактор экологического риска (КФЭР), который позволяет учитывать вероятность реализации вариантов приемлемых погодных условий, а также связанную с погодой и другими обстоятельствами вероятность аварийного разлива нефти, возможные затраты на ликвидацию последствий разлива нефти и финансовые потери при простое в ожидании улучшения погодных условий. Математическое выражение для расчета величины КФЭР имеет следующий вид

$$F_{er}^c = n S_d Q_m^n - K_r^s C_n [q_m E_m - q_o E_o] \quad (1)$$

где  $n$  - планируемый срок простоя (количество суток) до постановки танкера у терминала для проведения погрузочно-разгрузочных операций после его прихода в акваторию;  $S_d$  - финансовые потери в результате каждого суток простоя танкера у терминала в ожидании желаемой для работы у терминала погоды. Эти финансовые потери включают: стоимость одних суток эксплуатации (фрахта) танкера  $s_{tn}$ , стоимость одних суток эксплуатации терминала  $s_{tm}$ , упущенную выгоду от продажи транспортируемой нефти или нефтепродуктов  $s_{op}$ , и т.д., т.е.

$$S_d = s_{tn} + s_{tm} + s_{op} + \dots \quad (2)$$

Далее,  $Q_m^n$  - вероятность того, что на  $n$ -е сутки после прихода танкера погода в акватории терминала будет соответствовать некоторому желаемому  $m$ -му сочетанию характеризующих погоду  $v$  параметров. При наличии гидрометеорологического прогноза об улучшении погодных условий до уровня  $m$  через  $n$  дней эта величина является статистически установленной в предыдущий период времени оправдываемостью  $n$ -дневного прогноза погоды или рассчитывается статистическими методами на основе предыдущих наблюдений погоды.

$E_o$  - наиболее вероятный экономический ущерб в случае аварийного разлива нефти в самых благоприятных погодных условиях: безветрие, штиль, прозрачная атмосфера и т.п., вероятность чего в данной акватории в рассматриваемый сезон равна  $q_o$ . Эта величина складывается из перечисленных ранее составляющих.

Для эффективной защиты окружающей среды при погрузочно-разгрузочных работах на объектах МНГК должны быть предусмотрены следующие меры:

- проверка соответствия грузовой системы МНГК международным

## Классификация технических мероприятий по снижению техногенного воздействия

№ п.п.	Класс мероприятий	Содержание мероприятий
1	Организационно-техническое обеспечение	<p>1.1. Строгое и точное соблюдение всех нормативно-правовых требований законодательства РФ, принятых в обеспечение предотвращения загрязнения ОС.</p> <p>1.2. Осуществление внутреннего контроля и регистрации всех случаев нарушения норм, правил и отклонений в проведении всех технологических операций.</p> <p>1.3. Разработка планов и мероприятий надлежащего материально-технического оснащения и переоснащения используемых средств.</p>
2	Обеспечение навигационной безопасности	<p>2.1. Строгое соблюдение требований ИМО и рекомендаций Международной ассоциации маячных служб, а также соответствующих Российских документов в портах и на маршрутах транспортировки УВС.</p> <p>2.2. Оснащение объектов МНГК и обслуживающих их судов современными радионавигационными и навигационно-гидрографическими средствами.</p>
3	Обеспечение эффективного экологического контроля ОС	<p>3.1. Сбор и регулярное обновление информации по фоновому экологическому состоянию ОС в местах расположения объектов МНГК и по маршрутам транспортировки нефти и природного газа;</p> <p>3.2. Прогнозирование тенденций изменения экологической обстановки в регионе функционирования МНГК.</p> <p>3.3. Своевременное оповещение персонала МНГК о негативных изменениях экологической обстановки.</p>
4	Обеспечение экологической безопасности при выполнении технологических операций на МНГК	<p>4.1. Общее технологическое обеспечение функционирования МНГК:</p> <p>4.1.1. Для каждого объекта МНГК должны быть разработаны инструкции по предотвращению загрязнения ОС.</p> <p>4.1.2. Должен быть официально подтвержден факт готовности всех технических средств МНГК к безопасному выполнению своих функций.</p> <p>4.1.3. Объекты МНГК должны быть оснащены соответствующими быстродействующими защитными техническими средствами (в т.ч. запорными клапанами с дистанционным управлением).</p> <p>4.1.3. На каждом объекте МНГК должны быть предусмотрены устройства для сбора и удаления пролитого груза и загрязненных вод нефтепродуктами с учетом положений объектового Плана ликвидации разливов.</p> <p>4.2. Требования к персоналу МНГК:</p> <p>4.2.1. Должны быть организованы подготовка и переподготовка персонала для действий при возникновении опасности аварийных ситуаций на МНГК, приводящих к загрязнению ОС.</p> <p>4.2.2. Персонал, должен быть информирован о потенциальных экологических опасностях, возникающих при поиске, добыче, погрузке, транспортировке и других операциях с нефтью и нефтепродуктами.</p> <p>4.3. Требования к устройствам, оборудованию, системам по выявлению и ликвидации загрязнения акватории:</p> <p>4.3.1. Объекты МНГК должны быть оборудованы автоматизированными системами оперативного выявления загрязнения ОС (прежде всего нефтью и нефтепродуктами).</p> <p>4.3.2. На этих объектах должны быть предусмотрены штатные устройства для сбора и удаления загрязняющих морскую среду веществ (прежде всего пролитых нефти и нефтепродуктов).</p> <p>4.4. Требования по снижению вероятности возникновения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов:</p> <p>4.4.1. Должен быть разработан детализованный план работ с нефтью и нефтепродуктами на объектах МНГК.</p> <p>4.4.2. Персонал должен быть ознакомлен с этим планом и придерживаться его при возникновении аварии.</p> <p>4.4.3. Оборудование, неисправность которого может повлечь вытекание нефти или других загрязняющих морскую среду веществ, должно регулярно проверяться и испытываться.</p> <p>4.4.4. Должны быть разработаны планы экстренных мероприятий на случай возникновения аварийного разлива.</p>

рекомендациям по манифольдам танкеров и подсоединяемому оборудованию;

- регулярные осмотры и регламентное обслуживание запорной арматуры, гибких шлангов от подводного нефтепровода;
- систематический контроль и поддержка технической исправности узлов систем погрузки, трубопроводов, герметичности фланцевых соединений, уплотнений и т.п.;
- оборудование грузовых и отстойных танков системой заполнения инертными газами для предупреждения взрывов и пожаров;
- учет погодных ограничений на проведение грузовых операций;
- создание зон безопасности вокруг объектов МНГК;
- обучение и контроль знаний и навыков персонала МНГК по проведению грузовых операций.
- поддержание в постоянной готовности мобильных сил и средств ликвидации разливов нефти.

Морская транспортировка нефти и нефтепродуктов танкерным флотом также сопряжена с опасностью аварийных разливов нефти, которые могут быть следствием аварийных происшествий, вызванных как объективными причинами, так и субъективным «человеческим» фактором. Для предотвращения столкновений, посадок на мель и других аварий, ведущих к разрушению корпуса танкера и выливу нефти из танков, разрабатываются специальные маршруты движения, ограничиваются навигационные опасности и внедряются компьютеризированные системы контроля и управления движением танкеров и расхождением их со встречными судами [8]. Эти системы основаны на предварительной оценке возможных рисков аварийных происшествий и на их минимизации путем повышения уровня контроля ситуаций в районах наибольшей опасности.

При проектировании танкеров должны в полном объеме учитываться требования «Правил классификации и постройки морских судов» РМРС, Конвенции «МАРПОЛ 73/78», «Правил по предотвращению загрязнения с судов» РМРС и т.д.. Все положения Конвенции МАРПОЛ 73/78 и дополнения к ней, положения соответствующих Правил Регистра, относящихся к нефтеналивным судам, направлены на достижение следующих целей, обеспечивающих в совокупности защиту морской среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами [5, 6, 7, 8], в том числе:

- ограничение возможного вылива груза при аварии танкера;
- уменьшение загрязнения моря в процессе эксплуатации наливных судов;

– повышение мореходных качеств танкеров и защищенности грузовых танков от повреждений при авариях.

В соответствии с этими положениями у танкеров для ограничения возможного вылива груза при аварии ограничиваются предельно допустимые объемы и размеры грузовых танков, накладываются определенные требования на их расположение.

На каждом нефтеналивном судне размеры и расположение грузовых танков должны удовлетворять следующим требованиям:

- предполагаемый вылив нефти, рассчитанный в соответствии [7], при повреждении борта и днища ( $m^3$ ) в любом месте по длине судна не должен превышать 30 000  $m^3$  либо величины, вычисленной по формуле

$$Q_A = 400 DW^{1/3}, \quad (3)$$

в зависимости от того, что больше;

- в любом случае предполагаемый вылив нефти не должен превышать 40 000  $m^3$ .

При этом грузовые танки должны удовлетворять следующим требованиям:

- вместимость любого центрального танка не должна превышать 40 000  $m^3$ ;
- вместимость любого бортового танка не должна превышать 75% предела предполагаемого вылива нефти, упомянутого выше;
- вместимость бортового танка может быть увеличена до 40 000  $m^3$  при условии, что на нефтеналивном судне с изолированным балластом, бортовой танк расположен между двумя танками изолированного балласта.

Регламентируется длина любого грузового танка нефтеналивного судна или грузового помещения судна, не являющегося нефтеналивным, но у которого эти помещения предназначены для перевозки нефти и имеют вместимость 200  $m^3$  и более, в зависимости от наличия и количества продольных переборок в районе грузовых танков.

Расчет гипотетического вылива груза из танков нефтеналивного судна производится в предположении, что размеры повреждения корпуса судна соответствуют указаниям [5, 6, 7].

Для уменьшения загрязнения моря откачиваемым за борт жидким балластом (если он принимался и в пустые грузовые танки), а также моечной водой (использованной для очистки грузовых танков), танкеры дедвейтом 20 000 т и выше, перевозящие сырую нефть, и танкеры-продуктово-дедвейтом более 30 000 т, оборудуются цистернами изолированного балласта, а все танкеры валовой вместимостью более 150 рег. т еще и отстойными тан-

ками. Вместимость отстойного танка или системы отстойных танков должна быть, как правило, не менее 3% грузовместимости нефтеналивного судна по нефти, удовлетворяющие определенным требованиям [5, 6, 7].

Для сбора льяльных вод машинных помещений, нефтяных остатков (шлама), для накопления дренажа и утечек нефти, для накопления отработанных масел на судах предусматриваются специальные сборные танки, размеры которых регламентируются.

В соответствии с Правилами Регистра должна быть исключена возможность сброса измельченных и обеззараженных сточных вод, а также необработанных сточных вод в районах, запрещенных для сброса, для чего на судне устанавливаются специальные системы.

На каждом судне должен быть предусмотрен один из следующих видов оборудования для предотвращения загрязнения мусором:

- устройства для сбора мусора;
- устройства для обработки мусора;
- инсинераторы.

Мореходные качества танкеров и защищенность грузовых танков от повреждений обеспечивается вместимостью танков изолированного балласта и их размещением на судне.

Каждое нефтеналивное судно для перевозки сырой нефти дедвейтом 20 000 т и более и каждый нефтепродуктово-дедвейтом 30 000 т и более должны быть оборудованы танками изолированного балласта, удовлетворяющими определенным требованиям [5, 6, 7].

Минимальная вместимость танков изолированного балласта судов длиной 150 м и более должна быть такой, чтобы при любом варианте балластировки, включая случай, когда судно порожнем приняло только изолированный балласт, осадки и дифферент судна удовлетворяли каждому из перечисленных ниже требований:

- теоретическая осадка на миделе  $T$  (без учета деформации судна) в м должна быть не менее

$$T = 2,0 + 0,02L; \quad (4)$$

- осадки на носовом и кормовом перпендикулярах должны соответствовать осадке на миделе  $T$  как это определено по формуле (2), при дифференте на корму не более 0,015L;
- осадка на кормовом перпендикуляре должна обеспечивать полное погружение гребного винта (винтов).

На каждом нефтеналивном судне для перевозки сырой нефти дедвейтом 20000 т и более и на каждом нефтепродуктово-дедвейтом 30 000 т и более расположение танков изолирован-

ного балласта и пространств, не являющихся нефтяными танками, в пределах зоны грузовых танков должно отвечать следующим требованиям:

$\sum PA_c + \sum PA_s \geq J[L_c(B + 2D)]$ , (5)  
где  $PA_c$  - площадь проекции бортовой обшивки каждого танка или пространства, не являющегося нефтяным танком, на диаметральной плоскости, м<sup>2</sup>;  $PA_s$  - площадь проекции днищевой обшивки каждого танка или пространства, не являющегося нефтяным танком, на основную плоскость, м<sup>2</sup>;  $J$  - коэффициент, равный:

0,45 - для судов дедвейтом 20 000 т;

0,30 - для судов дедвейтом 200 000 т и более.

Указанные выше требования определяют конструкцию танкера как судна с двойными бортами, двойным дном, цистернами сбора льяльных и нефтесодержащих вод, печами для сжигания бытового мусора и другим конвенционным оборудованием, системами противопожарной безопасности, конструктивной защитой.

Кроме того, на танкере предусматривается автоматическое устройство, обеспечивающее аварийную отдачу нефтяного шланга и швартова. Для уменьшения риска соударения с терминалом, танкер должен быть оборудован подруливающими устройствами и системами динамического позиционирования, позволяющими ему удерживаться во время грузовых операций на безопасном расстоянии от терминала.

Последствия такого столкновения могут быть сведены к минимуму при обеспечении:

- малых скоростей маневрирования;
- выполнения необходимых конструктивных мер на танкере, препятствующих получению пробоины, при которой возможно разрушение огораживающих нефтяные танки конструкций;
- малой величины риска разлива нефти, оцениваемой  $10^{-7}$  за период эксплуатации;
- инструкции по безопасному взаимодействию танкеров с объектами МНГК;
- рекомендаций по выбору мест якорных стоянок судов, ожидающих благоприятных гидрометеорологических условий;
- указаний по порядку проведения швартовных операций и погрузки танкеров, в том числе с учетом особенностей швартовных и грузовых операций в ледовых условиях;
- порядка взаимодействия судов и других объектов МНГК при возникновении и ликвидации аварийных ситуаций;
- выполнения организационных мероприятий (назначение ответственных за общее управление движе-

нием судов в районе расположения МНГК и выполнение отдельных операций, необходимость наличия специальных сертификатов на право выполнения операций по маневрированию и швартовке танкеров и т. п.).

Предусматривается дистанционное (телеметрическое) управление клапанами, установленными на подводном манифольде и на грузовом нефтепроводе - райзере, обеспечивающее регулировку скорости подачи нефти, открытие и закрытие клапанов, остановку грузовых насосов, открытие и закрытие вентиляционного клапана для осушения грузового шланга. Управление должно обеспечиваться как с терминала, так и с танкера.

Рассмотренные требования и инженерные решения должны дополняться выполнением всех положений техники безопасности по специальному оборудованию и устройствам нефтеналивных судов [8]. Кроме того, все это должно быть дополнено четкими инструкциями по взаимодействию элементов комплекса в процессе его работы.

Значительная опасность для окружающей среды возникает и при перекачке нефти и нефтепродуктов по подводным трубопроводам. Особенностью таких объектов МНГК является их трудная доступность для контроля герметичности, то есть для контроля отсутствия утечек нефти через коррозионные свищи, которые возникают в местах производственного брака или некачественной сварки. По имеющейся статистике для обычных сухопутных нефтепроводов [8] ежегодно на каждой тысяче километров появляется шесть свищей, утечки нефти через которые может достигать 20 л в минуту. Морские трубопроводы находятся в коррозионноактивной среде, поэтому вероятность появления утечек нефти можно ожидать с большей вероятностью.

В зависимости от интенсивности утечки, которая связана с размерами свища и перепадом давления между потоком нефти в трубе и внешней морской средой, экологические последствия будут различаться. Нефть легче морской воды, поэтому она будет всплывать на поверхность. Если интенсивность утечки достаточно велика, то на поверхности моря может образоваться нефтяной слик, вытягивающийся по ветру и способный достичь береговой черты и привести к его загрязнению. Учитывая эти экологически неблагоприятные последствия, при оценке воздействия на окружающую среду проектирующихся морских нефтепроводов различного назначения следует оценивать возможные масштабы нефтяного загрязнения поверхности моря и побережья в процессе эксплуатации, связанные с веро-

ятными утечками нефти через коррозионные свищи [9].

Для этих целей рекомендуется применять математическую модель развития утечек нефти в морской среде [10] и созданное на ее основе программное обеспечение [11], которые позволяют прогнозировать следующие параметры нефтяного загрязнения, а именно: размеры и пространственную конфигурацию факела из капель нефти, возникающего на свище, сносимого течением и всплывающего на поверхность моря, размеры нефтяной пленки - слика, образующегося на поверхности, и объем нефти, который может быть выброшен на берег при достижении нефтяным сликом береговой черты. В основу математической модели положено аналитическое решение полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии нефтяных капель, как примеси, в толще водной массы с учетом специфики граничных условий на дне и на свободной поверхности моря, математическое описание динамики нефтяных капель в водной среде, и известные математические модели растекания нефтяных пленок на морской поверхности.

В соответствии с моделью [9] оценка экологических последствий утечек из морского нефтепровода проводится в следующей последовательности:

1) выбор вероятных положений свищей по трассе нефтепровода и их размеров (эти параметры рекомендуется варьировать в практически реальном диапазоне значений);

2) расчет интенсивности утечек нефти для выбранных в п.1 размеров и расположения свищей на нефтепроводе;

3) оценка вероятных средних размеров нефтяных капель для принятого диапазона размеров свищей;

4) расчет поперечных размеров и расположения в пространстве, включая место выхода на поверхность моря, факела, образованного всплывающими каплями нефти;

5) расчет ширины (поперечного размера) и протяженности нефтяного слика, имеющего вид извивающейся ленты, на поверхности моря для каждого варианта размеров и расположения свищей;

6) оценка объемов нефти, которые могут быть выброшены на берег, для выявления наиболее опасных вариантов утечек нефти.

Эффективность модели иллюстрируется результатами расчетов для нефтепровода длиной 30 км, проложенного от добывающей платформы, установленной на глубине 25 м, по кратчайшему пути к потребителям на побережье. Нефтепровод состоит из труб диаметром 0.8 м со стенкой толщиной 20 мм, давление на входе в трубопровод 1.4 МПа, плотность нефти

854 кг/м<sup>3</sup>. На рис.2 показана зависимость интенсивности утечек нефти от размеров свищей для четырех вариантов их расположения по трассе нефтепровода (2, 8, 15 и 25 км). Оценки, выполненные для ветра со скоростью 7 м/с, направленного к берегу под углом 45° к нефтепроводу, показали, что образующийся на поверхности моря нефтяной слик имеет вид изгибающейся узкой ленты, имеющей ширину от 6 до 15 м, а потенциальная длина (это дистанция на которой волны и ветер полностью рассеют нефтяную пленку в водной толще, если она не достигнет берега) может достигать 20–30 км для наиболее интенсивных утечек. Наиболее вредным для окружающей среды и опасным с точки зрения расходов на очистку является вынос ветром и течениями вытекающей через свищ нефти на берег. Это может произойти тогда, когда потенциальная протяженность нефтяного слика превышает расстояние от свища до береговой черты в направлении поверхностного дрейфового течения. На рис. 3 показаны относительные длины нефтяных сликов для тех же свищей, что и на рис.2. Эти материалы показывают, что загрязнение берега могут вызвать утечки нефти из относительно крупных свищей (диаметр более 1.5 мм), расположенных в ближайшей к берегу части нефтепровода (рис.4).

Сравнительно просто можно визуально обнаружить только нефтяные слики, достигающие берега и образующиеся в результате утечек из крупных свищей в ближайшей к берегу части нефтепровода. Утечки нефти из мелких свищей и из свищей, расположенных на нефтепроводе на большом удалении от берега, могут существовать скрытно длительное время, что приведет к существенному загрязнению морской среды и ущербу для рыбного хозяйства. Поэтому требуется осуществлять дистанционный мониторинг нефтяного загрязнения поверхности моря по трассе донных нефтепроводов, чтобы своевременно зарегистрировать малейшие проявления утечек нефти.

Изложенная методология иллюстрируется результатами применения отечественного симулятора PISCES II (ТРАНЗАС электронные технологии) к одному из возможных вариантов размещения плавучего нефтяного терминала на Кольском полуострове [9] (рис.5). Для вывоза добываемой нефти из бассейна мелководного Печорского моря предполагается использовать челночные танкеры с малой осадкой. С них нефть перегружается на плавучий терминал, с которого по мере накопления нефть будет вывозиться потребителям крупнотоннажными линейными танкерами. Одним из возможных мест размещения плавуче-

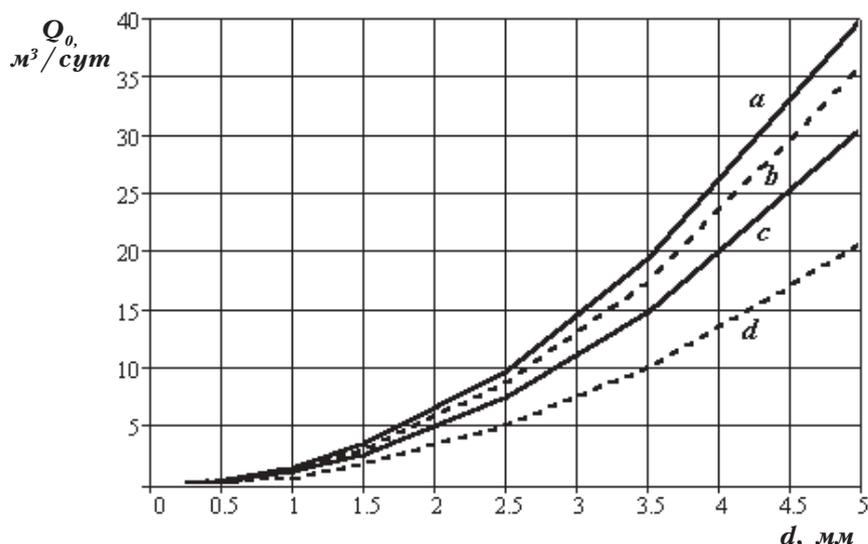


Рис.2. Зависимость интенсивности утечек нефти через коррозионные свищи  $Q_0$  от их размера  $d$  и от положения на нефтепроводе: а - 2000 м от платформы; б - 8000 м; в - 15000 м; д - 25 000 м

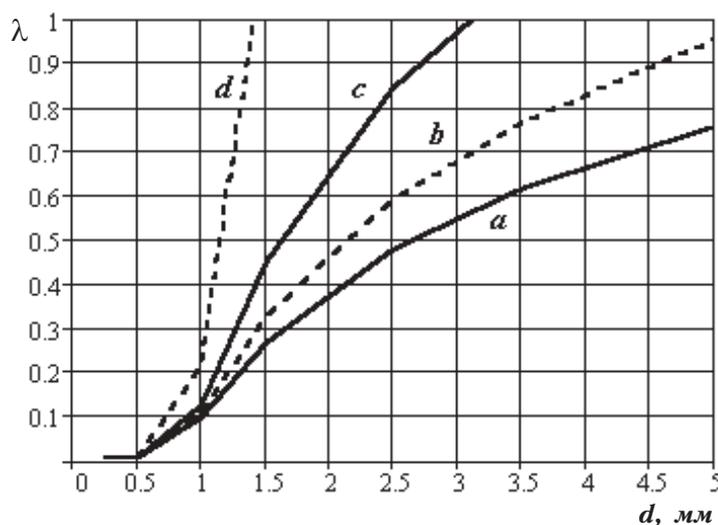


Рис.3. Зависимость относительной длины нефтяного слика  $\lambda$  (отношение длины слика к расстоянию между свищем и берегом) от размеров свищей и их положения на нефтепроводе: а - 2000 м от платформы; б - 8000 м; в - 15 000 м; д - 25 000 м

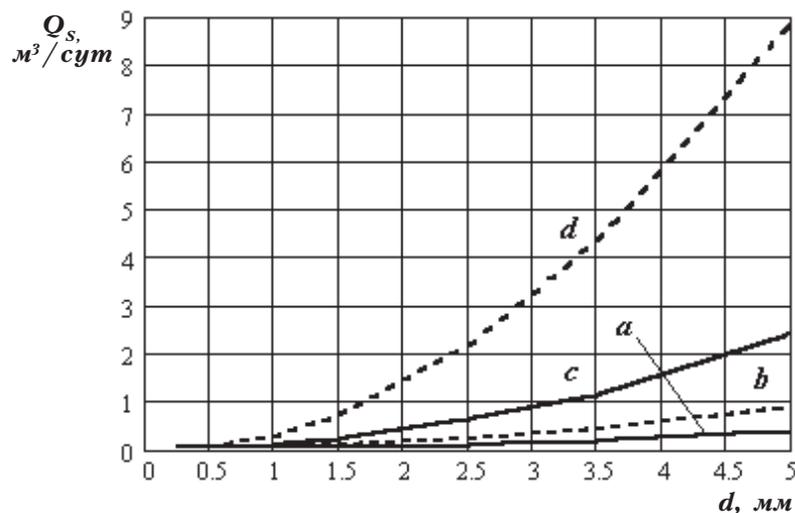


Рис. 4. Зависимость выноса нефти на береговую линию  $Q_s$  от размеров свищей и их положения на нефтепроводе: а - 2000 м от платформы; б - 8000 м; в - 15 000 м; д - 25 000 м

го терминала является бухта Девкина Заводь в губе Печенга [8, 9]. В результате моделирования было установлено, что загрязнение нефтью Норвежских территориальных вод после столкновения танкера с терминалом в бухте Девкина Заводь вполне реально. Как показано на рис. 5, нефтяной слик, содержащий около 200 м<sup>3</sup> нефти и имеющий площадь около 3 км<sup>2</sup> может достичь границы через 48 часов после прорыва бонового заграждения вокруг терминала.

#### 4. ЛИКВИДАЦИЯ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аварийные разливы нефти, возникающие при функционировании объектов МНГК, наносят ощутимый вред морским экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям. Независимо от причин и характера такого разлива ликвидация его последствий разбивается на несколько этапов:

- локализация разлива;
- ликвидация разлива;
- контроль состояния окружающей среды в процессе локализации и ликвидации и после их завершения.

Основными средствами локализации аварийных разливов нефти являются боновые заграждения, предотвращающие дальнейшего растекания нефти по морской поверхности. К основным видам боновых заграждений относятся [12, 13]:

- тяжелые надувные (для ограждения танкера у терминала);
- отклоняющие (для защиты берега);
- несгораемые (для сжигания нефти на морской воде);

- сорбционные (для одновременного сбора нефти);

Все типы боновых заграждений включают следующие элементы:

- надводная часть, совмещенная с поплавком, для придания плавучести бона и предупреждения перехлестывания нефти через него;
- подводной части (юбки), препятствующей уносу нефти под бон;
- балласта, обеспечивающего вертикальное положение бона;
- тягового троса, позволяющего бонам при наличии внешних нагрузок (ветер, волны) сохранять конфигурацию и осуществлять буксировку бонов;
- соединительных узлов, обеспечивающих сборку бонов из отдельных секций;
- устройств для буксировки бона и его крепления к якорям

Разворачивание бонов, осуществляется с учетом метеоусловий, состояние моря по нескольким наиболее распространенным схемам [13]:

- установка бонов на якоря по круговой схеме, полностью охватывающей нефтяной разлив (когда влияющие ветра и течений несущественно);
- установка бонов по U-образной схеме, в случае разлива больших количеств нефти в открытом море (когда требуются заграждения большой длины или значительное влияние оказывают ветры, волны и течения);
- установка бонов по отводной схеме при невозможности сбора нефти на месте из-за сильного ветра и течений (у берега, в устьях рек, в узостях);
- установка бонов с помощью буксиров, удерживающих их в заданной

конфигурации при невозможности установить бонны на якоря (нефте-сборные тралы)

В настоящее время наиболее распространены нескольких способов ликвидации нефтяных разливов [12, 13]: механический; термический; физико-химический; биологический.

Основным способом ликвидации нефтяных разливов остается механический сбор нефти, наибольшая эффективность которого достигается в первые часы после разлива, когда толщина пленки нефти еще остается достаточно большой.

Термический метод, основанный на выжигании нефтяного пятна, может применяться непосредственно после разлива при достаточной толщине пленки, до образования эмульсии.

Физико-химический метод связан с использованием диспергентов и сорбентов и используется тогда, когда механический сбор нефти невозможен (например, при малой толщине пленки нефти).

Биологический метод используется после применения механического и физико-химического методов.

Для ликвидации разливов нефти в море используются нефтесборщики различных конструкций, реализующие перечисленные методы ликвидации.

По принципу действия нефтесборщики могут быть классифицированы на:

- всасывающие;
- шнековые;
- адсорбционные;
- с использованием центробежных сил;
- пороговые;
- адгезионные.

Пороговые устройства основаны на явлении перетекания поверхностного слоя воды определенной толщины в сборную емкость благодаря пониженному уровню в ней по сравнению к уровню морской воды.

Устройства шнекового типа используют свойство шнека при вращении уплотнять вовлекаемую среду.

Устройства адгезионного типа основаны на свойстве нефти налипать на некоторые материалы, которые плохо смачиваются водой.

Влияние центробежных сил заключается в разделении двух несмешивающихся жидкостей с различными плотностями.

Адсорбционные методы используют свойство некоторых пористых материалов хорошо впитывать нефть и плохо впитывать воду.

Эффективность ликвидации нефтяного разлива должна непрерывно контролироваться. Для этого используются различные системы контроля нефтяного загрязнения морской среды. Те из них, которые используются непосредственно в море (т.е. работающие в режиме in-situ) можно разделить на



Рис. 5. Результаты моделирования 48-часового дрейфа нефтяного слика, образовавшегося после аварийного столкновения танкера с плавучим терминалом в бухте Девкина Заводь губы Печенга

две основных разновидности [14]: дистанционные и контактные (погружные).

При необходимости оперативного выявления и картирования нефтяного разлива в последние годы чаще всего используют активные дистанционные методы, в т.ч. радиолокационные и оптические.

Использование РЛС для дистанционного обнаружения нефтяных разливов относится к косвенным методам измерений и основано на регистрации изменения структуры морского волнения (а значит и рассеивающих свойств морской поверхности) при наличии нефтяной пленки.

Использование лидарных (лазерных) локационных систем для обнаружения нефтяных загрязнений морской поверхности относится к прямым методам измерений и основано на регистрации различия коэффициентов отражения чистой морской поверхности и нефтяной пленки.

При необходимости детального количественного изучения пространственного распределения нефтяных загрязнений в толще морской воды используют погружаемые флюориметры. Этот контактный оптический метод основан на явлении флюоресценции растворенной или взвешенной нефти в морской среде, при возбуждении ее коротковолновым (ультрафиолетовым) световым излучением [14].

Данная работа выполнена в рамках совместного гранта СПбГМТУ (Россия) и Дайлянского технического университета (КНР) № 03-05-39006 ГФЕН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Мазур Н.П.* Экология нефтегазового комплекса. - М., Недра, 1993
2. *Котенев Ю.А.* Экологические аспекты функционирования нефтегазового комплекса: Учеб. пособие. - Уфа: Изд. УГУ, 1998.
3. *Алешин И.В.* Охрана окружающей среды при освоении ресурсов Мирового океана: Учеб. пособие. - СПб: Изд. СПб ГМТУ, 2004.
4. Предыдущая статья
5. *Портной А.С., Семенов Ю.Н.* Правовое и технологическое обеспечение аварийных работ на море: Учеб. пособие. - СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2002.
6. *Полякова Я.Ю., Разуваев В.Н.* Особенности формирования береговой инфраструктуры в составе системы транспортировки нефти с севера России. - Мат-лы науч.-техн. конфер. «Кораблестроительное образование и наука», Т.1. - СПб., 2003, с.224-230.
7. *Разуваев В.Н.* Функционально-структурный анализ при проектировании морской техники: Учеб. пособие. - СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2001.
8. *Мазур И.И.* Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1991.
9. *Goncharov V.K., Klementieva N.Yu., Alexandrovich A.A.* Ecological safety prevention in process of marine oil and gas pipelines designing. // Proceedings of Third International Shipbuilding Conference - ISC'2002. St.-Petersburg, Russia, october 2002. Section E, vol. E, p. 228-235.
10. *Goncharov V.K., Klementieva N.Yu.* Forecast of Ecological After-Effects of the Oil Escapes on Marine Environment from Pipelines Located on Seabed. // Proceedings of the Seminar «Combating Marine Oil Spills in Ice and Cold/Arctic Conditions». FEI, Helsinki, Finland, 2001, p. 105-112.
11. *Wang J., Li Z., Goncharov V.K., Klementieva N.Yu.* Assessment of Oil Pollution as Consequence of the Oil Leaks from Seabed Pipeline in the Bohai Sea. // Proceeding of the Twentyeight Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP). Technical Seminar. Calgary (Alberta), Canada, June 2005. (Accepted).
12. *Чурсин В.Ф., Горбунов С.В., Федорова Т.В.* Аварийные разливы нефти: средства локализации и методы ликвидации. - Межотраслевой тематический каталог «Системы безопасности - 2005», 2005, с. 254-258,
13. *Скрипченко Ю.М.* Плавучие технические средства и комплексы экологической защиты ресурсов Мирового океана: Учеб. пособие. - СПб.: Изд. СПбГМТУ, 1999, 120 с.
14. *Алешин И.В., Яковлев В.А.* Современные информационно-оптические технологии оперативного контроля состояния морской среды // Морской вестник. 2003. - №3. с.85-87. ■

**Т**ема обеспечения экологической безопасности судов вызывает значительный интерес не только специалистов водного транспорта, но и представителей органов власти, общественных организаций, крупных финансово-промышленных компаний. На это указывает и значительно возросшее в последнее время количество публикаций в отечественной и зарубежной прессе.

Особенно актуальными эти вопросы являются для судов внутреннего и смешанного плавания. Доводы некоторых известных функционеров флота и даже ученых в пользу того, что «... все современные отечественные суда являются «экологически чистыми», в противном случае они не были бы допущены к эксплуатации», не могут восприниматься серьезно и не должны никого вводить в заблуждение. На наш взгляд, приведенная точка зрения целиком основана на подмене понятий «экологически чис-

## К ВОПРОСУ О КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО СУДА

**Е.Г. Бурмистров**, канд. техн. наук, доцент,  
**А.С. Курников**, д-р техн. наук, проф.,  
Волжская государственная академия водного транспорта

тое судно» и «судно, отвечающее национальным Санитарным требованиям». Она абсолютно не гарантирует того, что успешно эксплуатирующиеся сегодня суда завтра не могут встать на прикол из-за ужесточившегося национального и международного законодательства в области экологической

безопасности судоходства. Весьма показательную аналогию здесь можно провести с ограничением и даже запретом на полеты некоторых типов отечественных авиалайнеров в страны Евросоюза из-за несоответствия их шумовых характеристик европейским нормам.

Действительно, развитие судоходства на мировых морских и внутренних водных путях привело к строительству качественно нового флота с мощными энергетическими установками, высокой грузоподъемностью, пассажироместимостью, скоростью. Массовая эксплуатация такого флота сопровождается существенным ростом его воздействия на окружающую среду. Отечественное судоходство, переживая кризисный период, тем не менее, начинает активно втягиваться в мировые интеграционные процессы в грузо- и пассажироперевозках, рыболовстве, освоении шельфа морского дна и других секторах экономики. Это автоматически обязывает судоходные компании и заинтересованные финансово-промышленные группы выполнять требования международных стандартов не только в части обеспечения безопасности судоходства, но и в части обеспечения экологической безопасности судов (и иной продукции судостроения). В этой связи уместно процитировать одно из основных положений закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды»: «... Для новой техники, технологий, материалов, веществ и другой продукции, способной оказать, вредное воздействие на природную среду, устанавливаются экологические требования для предупреждения вреда окружающей среде, здоровью и генетическому фонду человека...». Эти требования в полной мере относятся и к продукции судостроения. Более того, они положены в основу разрабатываемых концепций «экологически чистого судна».

Вредные воздействия судов на природную среду условно можно раз-

делить на два основных вида – энергетические и биохимические (их разновидности приведены на рис.1) [1]. Загрязнения и того и другого вида, как правило, в полном объеме представлены в сточных водах и отработавших газах судовых энергетических установок.

До недавнего времени существовало устойчивое мнение, что неочищенные судовые сточные и нефтесодержащие воды могут сбрасываться за борт без существенного ущерба для окружающей природной среды. Однако факты, подтвержденные научными исследованиями, прямо свидетельствуют о том, что присутствие в воде даже незначительного количества загрязнений антропогенного происхождения существенно ухудшает кислородный баланс водоемов и снижает их способность к самоочищению. Кроме того, сточные воды, как правило, являются причиной бактериального загрязнения. В этой связи обоснованными и закономерными являются требования по ограничению или полному прекращению сброса необработанных загрязненных вод с судов, что нашло отражение и в Международных Конвенциях и во многих национальных регламентах [2–4].

Что касается нормирования токсичных составляющих отработанных газов судовых энергетических установок, то этот процесс только находится в стадии разработки. Однако уже сегодня Международной морской организацией (ИМО) предложено глобальное соглашение по ограничению содержания  $NO_x$  в отработанных газах СЭУ. Это должно способствовать значительному снижению загрязне-

ния атмосферы, особенно на оживленных водных путях и в районах портов.

В России пока в основном нормированы токсичные выбросы только для стационарных энергетических установок, а так же наземного и подземного транспорта. Но и здесь с 2000 г. введены ГОСТ Р 51249–99 [5] и ГОСТ Р 51250–99 [6] регламентирующие ПДК окислов азота и дымность, правда, только при стендовых испытаниях судовых дизелей как новых, так и после капитального ремонта. По всей вероятности, это только первые шаги к ужесточению норм выбросов вредных веществ с отработанными газами.

Из сказанного следует, что вопросы ограничения сбросов и выбросов с судов до настоящего времени решаются автономно, независимо друг от друга, как в части регламентации, так и в части практической реализации. Между тем вполне очевидно, что данные вопросы более или менее успешно могут быть решены только в комплексе. На это указывает и весь опыт мирового судоходства, и опыт эксплуатации экспериментальных судовых экологических комплексов. Базовым принципом в разработке таких комплексов является использование «оборотных схем» в судовых системах водоснабжения, сбора и очистки нефтесодержащих сточных вод, комфортного и технического кондиционирования воздуха и других. Однако, если по морским судам уже имеется положительный опыт эксплуатации таких схем, то на судах внутреннего плавания они до сих пор не нашли должного применения. И это несмотря на то, что для некоторых типов судов сброс даже очищенных сточных вод является крайне нежелательным, что связано с навигацией в районах с жестким экологическим режимом. Разработанные для судов внутреннего плавания схемы комплексной обработки судовых отходов (например, по патенту № 1414706, кл. В 63 В 35/32, SU, 1988) в принципе способствуют повышению степени очистки сбрасываемых за борт вод и существенной экономии дизельного топлива. Однако практически все они могут быть реализованы только на специальных судах экологического назначения (нефте- и мусоросборщиках), так как требуют применения громоздкого и энергоемкого технологического оборудования. Кроме того, в них, как правило, никак не решается проблема очистки отработанных газов судовых энергетических установок. Поэтому о комплексной обработке судовых отходов в этом случае можно говорить лишь весьма условно.

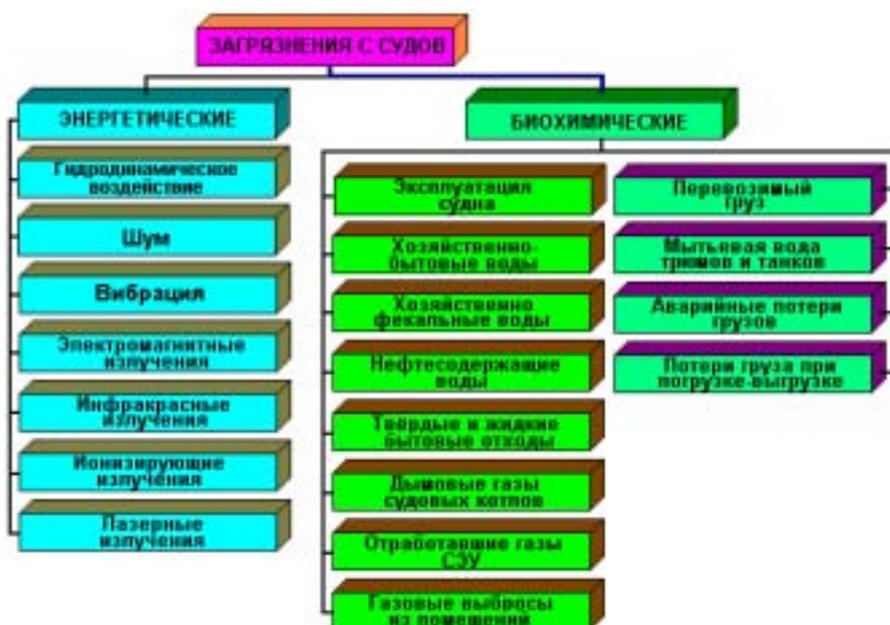


Рис.1. Основные виды воздействий судов на окружающую среду

В связи с этим авторами предложена действительно комплексная схема судового экологического комплекса, внедрение которой на судах внутреннего и смешанного плавания позволяет прогнозировать получение значительного социально-экологического эффекта. Новизна и техническая состоятельность примененных авторами решений подтверждена патентом РФ на изобретение [7]. Благодаря применению новейших технологий обработки сточных вод и отработанных газов энергоустановок удалось создать малоотходный санитарно-экологический судовой комплекс, обеспечивающий требуемую степень очистки питьевой воды, сточных и нефтесодержащих вод и отработанных газов, утилизацию твердых отходов и шламов, кондиционирование воздуха в судовых помещениях, приготовление водотопливной эмульсии для судовой энергетической установки, котлов и инсинераторов. Такой технический результат обеспечен, прежде всего, применением замкнутых схем водо- и воздухообеспечения. Заборная вода здесь после соответствующей обработки расходуется на очистку кондиционируемого воздуха, приготовление водотопливной эмульсии для главной судовой энергетической установки и на хозяйственно-бытовые нужды. Очищенные сточные воды используют на технические нужды и для очистки отработанных газов судовой энергетической установки, котлов и инсинераторов. При этом собранные нефтесодержащие воды смешиваются с топливом и подаются на питание котлов и инсинераторов, а вырабатываемая ими теплота расходуется на обработку сточных вод, отопление помещений и нагрев воды. Образующийся в про-

цессе конденсат отводится в цистерну заборной воды и используется повторно.

Функциональная схема осуществления описанного способа представлена на рис.2.

Способ осуществляется следующим образом. Вода для хозяйственных, технических и бытовых нужд забирается на условно чистых плясах или из береговых гидрантов в цистерну заборной воды (блок 1), проходит специальную обработку в (блок 2) и поступает потребителям: на очистку кондиционируемого воздуха (блок 3); на хозяйственно-бытовые цели (блок 4) и для приготовления водотопливной эмульсии (блок 5). Загрязненная вода из блока 3 возвращается в цистерну 1. Исползованная потребителями вода из блока 4 и избыточная вода из блока 5 поступает в цистерну сточных вод (блок 6), проходит очистку одним из известных способов в блоке 7 и расходуется на хозяйственно-технические нужды (блок 8). В блоке 5 вода озонируется, смешивается с топливом и в виде водотопливной эмульсии используется в главной судовой энергетической установке. В блоке 9 топливо смешивается с нефтесодержащими водами и подается на питание котлов и инсинераторов.

Отработанные газы направляются на очистку в блок 10, где обрабатываются очищенными стоками, поступающими из блока 7. Очищенные газы выбрасываются в атмосферу. Полученный в котлах пар расходуется для обработки сточных вод и на хозяйственные нужды. Образующийся при этом конденсат отводится в блоки 1 или 6. Шлам из блока 7 обезвреживается в блоке 11 и передается

в инсинератор, где сжигается вместе с прочими видами отходов.

В результате такой комплексной обработки всех видов судовых отходов в атмосферу поступают только очищенные газы, а на береговые пункты сдаются только негорючий твердый мусор и шлаки из инсинератора.

Кроме существенного социально-экономического эффекта, внедрение на судах предложенного санитарно-экологического комплекса позволяет удовлетворить существующие национальные и международные требования в области экологической безопасности судоходства и повысить условия обитаемости судов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курников А.С. Концепция повышения экологической безопасности судна. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2002. – 80 с.
2. Международная конвенция по предотвращению загрязнений с судов 1973 г. и Протокол 1978 г. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1980. – 364 с.
3. Правила предотвращения загрязнения внутренних водных путей сточными и нефтесодержащими водами с судов: ПР 152-002-95 / Минтранс РФ. – М., 1995. – 108 с.
4. Правила экологической безопасности судов внутреннего и смешанного плавания / Российский Речной Регистр. – М.: «Марин Инжиниринг Сервис», 1995. – 52 с.
5. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения: ГОСТ Р 51249-99. – Введ. 01.01.2000. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 11 с.
6. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения: ГОСТ Р 51250-99. – Введ. 01.01.2000. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 12 с.
7. Патент №2202497 РФ, МКИ 7 В 63 J 4/00, В 63 В 35/32. Способ повышения экологической безопасности судна / А.С. Курников, В.Л. Этин, Е.Г. Бурмистров (Россия). – №2001100520/28; Заявлено 05.01.01; Оpubл. 20.04.2003. – Бюлл. № 11. ■

Рецензенты:

В.И. Любимов, д-р техн. наук, проф., Воронежская государственная академия водного транспорта,  
Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ

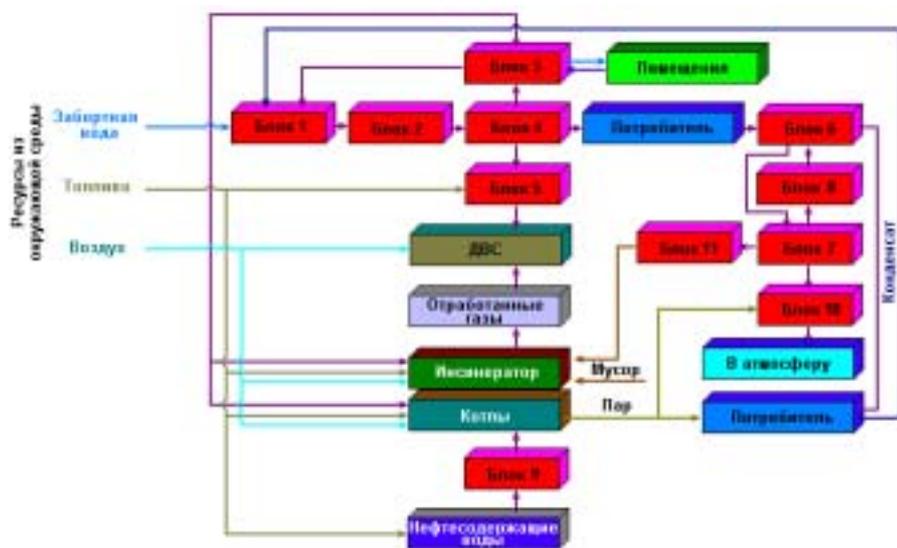


Рис.2. Структурная схема комплекса систем, обеспечивающих экологическую безопасность судна

**К** подводным потенциально опасным объектам (ППОО) относятся суда, иные плавсредства, космические и летательные аппараты, в том числе их элементы, и другие технические средства, а также боеприпасы, элементы оборудования и установки, полностью или частично затопленные во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации в результате аварийных происшествий или захоронений, содержащие ядерные материалы, радиоактивные, химические отравляющие, взрывчатые и другие опасные вещества, создающие угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций (постановление Правительства РФ от 21.02.2002, № 124).

В 1989 г. после гибели атомной подводной лодки «Комсомолец» в России впервые были поставлены вопросы о безопасности затонувшего корабля, масштабе возможных последствий выхода опасных веществ в морскую среду, целесообразности проведения специальных операций по предотвращению загрязнения моря радиоактивными веществами, о юридическом статусе подобных объектов и т.д. В 1993 г. безопасность затонувшего источника (подводная лодка с ядерным реактором и ядерными торпедами на борту) впервые явилась предметом государственной экологической экспертизы, результаты которой широко обсуждались с западноевропейскими экспертами. В том же году в России был подготовлен правительственный доклад о фактах и

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

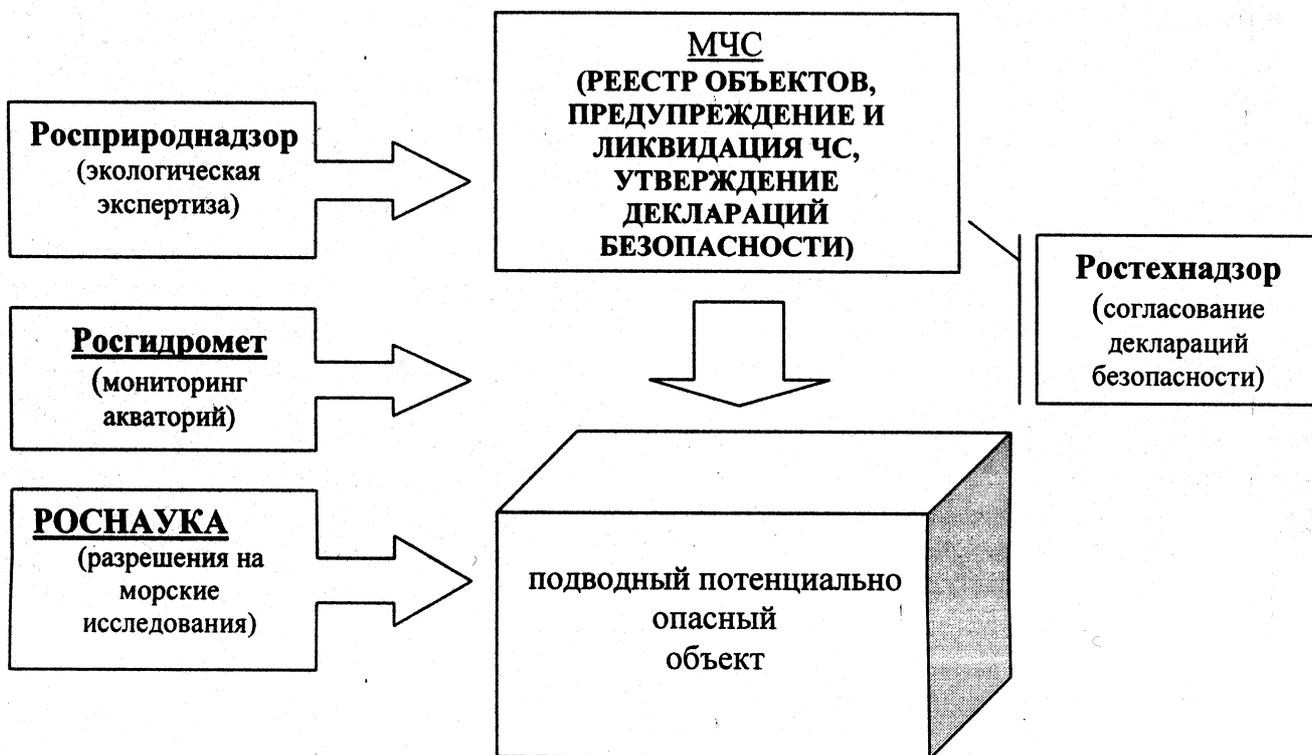
*И.В. Лисовский, д-р мед. наук, проф.,  
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

проблемах, связанных с захоронением радиоактивных отходов в морях Российской Федерации, определивший места, состав и объем произведенных захоронений.

Имеющаяся в настоящее время информация свидетельствует о затоплении химического оружия на протяжении 50 лет в Балтийском, Белом, Баренцевом, Карском, Охотском, Черном и Японском морях [1].

За период Первой и Второй мировых, Гражданской и Великой Отечественной войн в морях России затонуло огромное количество военных кораблей (некоторые с полным арсеналом вооружения), торговых и пасса-

жирских судов, десятки подводных лодок, тысячи военных и транспортных самолетов. На дне морских акваторий и внутренних водоемов находится большое количество минно-торпедного и огнестрельного оружия, боеприпасов, гранат и других видов вооружения, захоронено германское, английское и российское химическое оружие. В баках затонувших кораблей находятся десятки тысяч тонн жидкого топлива. Следует подчеркнуть, что неподтвержденные сведения о подводных потенциально опасных объектах (ППОО) и местах их затопления носят разрозненный, ориентировочный, характер и подлежат обязательному уточнению как по



Обеспечение безопасности подводных потенциально опасных объектов

архивным материалам, так и целенаправленным экспедиционным поиском [2].

Неопределенность в оценке опасности собственно подводных потенциально опасных объектов заставляет зачастую тратить государственные средства на обследование объектов, не представляющих непосредственной или потенциальной опасности для населения и окружающей среды [3].

Согласно Указу Президента РФ от 11 июля 2004 г. (№ 868) МЧС России отвечает:

- за предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций на ППОО во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации;

- за ведение в установленном порядке реестра ППОО во внутренних водах и в территориальном море Российской Федерации.

Для МЧС России принципиально важно, прежде чем ставить задачи по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с подводными потенциально опасными объектами, определить:

- какие объекты действительно требуют принятия неотложных мер для обеспечения защиты населения и окружающей среды;

- какие объекты нуждаются в постоянном и периодическом контроле;

- какие объекты не представляют опасности с точки зрения возникновения чрезвычайных ситуаций.

По мнению МЧС России, это позволяет оптимально распределить государственные силы и средства, необходимые для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с такими объектами.

Оценки возможного радиологического ущерба для затонувшей АПЛ «Комсомолец» в какой-то степени послужили основанием для отказа от операции по подъему корабля. Однако в отношении затонувшего АПК «Курск» оценка безопасности операции по подъему проводилась уже после принятия решений о подъеме и служила, таким образом, лишь для подтверждения качества разработанных технологий [4, 5]. Несомненно, что в отношении большинства наиболее «известных» подводных потенциально опасных объектов, при оценке опасности учитывается в первую очередь политические, социальные, военные обстоя-

тельства, трудно поддающиеся количественному определению.

Оценка опасности ППОО, как правило, представляет собой крайне сложную задачу, требует значительных объемов уникальной, чаще всего отсутствующей, информации и использует нестандартные методы исследований, различные в каждом конкретном случае.

В принципе такой анализ представляет собой решение одной из трех задач:

- определение необходимости экстренного вмешательства непосредственно (в ближайшие часы, дни) после аварии (катастрофы), приведшей к появлению ППОО, например, после гибели атомной подводной лодки или нефтетанкера;

- определение целесообразности вмешательства для устранения потенциальной угрозы;

- определение характера вмешательства при фактическом развитии чрезвычайной ситуации на акватории, связанной с ППОО.

При этом во всех случаях под вмешательством понимается именно предотвращение или ликвидация последствий развития чрезвычайной ситуации на акваториях, например при гибели корабля, представляют собой самостоятельную задачу и не связаны с проблемой ППОО.

С 1993 г. по настоящее время по заданию МЧС России ведутся специальные работы по программе исследований, основной целью которой является создание системы обеспечения безопасности ППОО России. В результате проведенных исследований были подготовлены приказы МЧС России, утвердившие положение о реестре ППОО (№ 575 от 29.12.2001) и порядке разработки декларации безопасности ППОО (№ 98 от 27.02.2003). Составлены соответствующие базы данных, разработано АРМ Реестра с картографическим обеспечением в виде ГИС [6].

Реестр ААОО сегодня представляет собой единую систему учета, хранения и предоставления информации по подводным объектам, формируется и ведется в целях:

- учета ППОО;
- сбора, обработки, хранения и распространения информации о безопасности ППОО;

- создания информационной основы для разработки и осуществления

мероприятий по обеспечению безопасности ППОО и предупреждению чрезвычайных ситуаций;

- информационного обеспечения государственного управления в области безопасности ППОО.

Важно отметить, что учету в реестре подлежат все ППОО, находящиеся во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

Декларация безопасности подводного объекта является документом, определяющим возможные характер и масштабы чрезвычайных ситуаций в районе нахождения подводного объекта и мероприятия по их предупреждению и ликвидации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лисовский И.В. Подводные захоронения химического оружия // Жизнь и безопасность. – 2004. – № 1-2. – С. 54-63.
2. Лисовский И.В., Вишняков В.С. Боеприпасы на дне Балтики как подводные потенциально опасные объекты // Жизнь и безопасность. – 2003. – № 3-4. – С. 36-52.
3. Лисовский И.В. Проблема подводных потенциально опасных объектов в системе обеспечения безопасности в Российской Федерации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2003. – № 1. – С. 119-128.
4. Лисовский И.В., Довгуша В.В. Оценка радиоэкологической опасности операций, связанных с подъемом затонувшего АПК «Курск»: 4-я международная конференция по морским интеллектуальным технологиям. Мат-лы конфер. С.-Петербург, 20-22 сентября 2001 г. – Сб. докл., т.2, с. 255-260.
5. Лисовский И.В. Радиоэкологическая опасность затонувших атомных подводных лодок // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2003. – № 2. – С. 65-71.
6. Arefiev N., Badenko V., Lisovsky I., Osipov G. Geoinformation system for the register of the underwater potentially dangerous objects of Russian Federation. Third International Shipbuilding Conference – ISC'2002, 8th - 10th October, 2002, St.-Petersburg, Russia, Section A, p. 196-202. ■

## ВВЕДЕНИЕ

Торпеды, разрабатываемые со времен Р. Уайтхеда и И.Ф. Александровского и до середины Второй мировой войны, были прямоидущими. Внедрение приборов маневрирования не изменило сути, так как не изменило способов стрельбы и не способствовало ощутимому повышению эффективности торпед. Прямоидущие торпеды разрабатывались и после Второй мировой войны. Последняя такая торпеда под шифром «65-73» была принята на вооружение ВМФ СССР в 1973 г. Основные требования к системам управления движением этих торпед сводились к обеспечению высокой точности хода по направлению и глубине.

С 1945 по 1986 г. разрабатывались самонаводящиеся противокорабельные торпеды. Системы управления их движением должны были обеспечивать высокую точность хода по направлению и глубине, а при комплектовании торпеды системой самонаведения по кильватерному следу должны были обеспечивать высокую точность регулирования угловой скорости рыскания в процессе преследования надводного корабля-цели.

С 1950 г. и по настоящее время разрабатываются самонаводящиеся противолодочные торпеды, которые в процессе преследования подводных лодок-целей должны маневрировать в двух плоскостях. К системам управления движением этих торпед было предъявлено новое требование – обеспечить высокое быстродействие и точность при выполнении пространственного маневрирования по командам системы самонаведения.

С 1963 г. и началась разработка универсальных самонаводящихся торпед, предназначенных для применения с подводных лодок и надводных кораблей против подводных лодок и надводных кораблей противника. Системы управления движением этих торпед должны удовлетворять всему комплексу требований, предъявляемых к системам управления движением прямоидущих, противокорабельных и противолодочных торпед.

С 1965 г. на основе противолодочных торпед началась разработка торпед телеуправляемых, которая продолжается и в настоящее время. Современные универсальные тор-

# РАЗВИТИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТОРПЕД И ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

**Ш.Г. Алиев**, *д-р техн. наук, главный конструктор САПР, ОКБ завода «Дагдизель»*

**Е.В. Кабанец**, *д-р техн. наук, главный науч. сотрудник ЦНИИ «Гидроприбор»*

**В.В. Томанов**, *канд. техн. наук, ведущий науч. сотрудник ЦНИИ «Гидроприбор»*

педы разрабатываются с учетом функционирования в составе системы телеуправления.

При разработке новых типов торпед необходимо было сохранять специфику, присущую традиционным торпедным системам управления. Торпеды рассматривались как оружие ударное, наступательное и одновременно оборонительное. Поэтому системы управления движением корабельных, т.е. применяемых с ПЛ и НК, торпед должны обладать мгновенной готовностью к залпу, иными словами задействование аппаратуры управления должно происходить за время движения торпеды в трубе торпедного аппарата. Системы управления движением этих торпед должны обеспечивать их применение при любых волнении моря, скоростях и глубинах хода носителей, в которых может использоваться это оружие.

Системы управления движением авиационных торпед не должны накладывать ограничения на высоту и скорость полета носителей, а также на время их нахождения на боевом курсе.

Необходимость выполнения перечисленных требований выделяет торпеды среди других видов управляемого подводного морского оружия (скоростных подводных ракет, ракетных противолодочных комплексов) и определяет специфику их систем управления движением.

В соответствии с терминологией, принятой в современной практике проектирования, под *системой управления движением* понимается торпеда как объект управления в совокупности с аппаратурой управления движением (АУ). В состав АУ входят приборы управления и рулевые машинки или рулевые приводы. Основная функция приборов управления – на основании информации об измеренных и заданных параметрах движения сформировать сигналы, задающие желаемое положение сервомеханизмов органов управления. Основная функция рулевого привода – преобразование выходных сигналов приборов управления в перемещение выходных звеньев сервомеханизмов.

## 1. СОСТОЯНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТОРПЕД В ПЕРВЫЕ ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ.

Противокорабельные торпеды «45-36», «53-39» и «ЭТ-80», находившиеся на вооружении ВМФ СССР в конце великой Отечественной войны, и торпеды «53-51» и «ЭТ-46», принятые на вооружение в первые послевоенные годы, имели сравнительно небольшое переутяжеление (до 15–20%), смещение центра масс к носу и значительное снижение центра масс (10–15 мм). Для



обеспечения требуемой вывески (продольного смещения и снижения центра масс) в БЗО располагался груз. Энергосиловые установки (ЭСУ) этих торпед набирали номинальную мощность за считанные секунды.

Хвостовое оперение применялось двух типов: на тепловых (парогазовых) торпедах – рамное, так называемое фиумское, с расположением рулей сзади гребных винтов (ГВ); на электрических торпедах – безрамное, или вальвическое, с расположением рулей перед ГВ.

Аппаратура управления движением состояла из механических приборов, конструкция которых в основе своей повторяла конструкцию приборов торпеды Уайтхеда начала XX в.: механические приборы курса с пневматическим запуском и пневматическим «поддувом», называемые приборами Орби, и маятниковые автоматы глубины, называемые гидростатическими аппаратами или гидростатами Уайтхеда на тепловых торпедах и гидростатах Мейке на электроторпед «ЭТ-46». Для компенсации видимого ухода приборов курса за счет вращения Земли их регулировали применительно к заданной широте места путем смещения центра масс ротора гироскопа.

В качестве рабочего тела для рулевых машинок (РМ) применялся сжатый воздух. Золотники РМ перемещались посредством тяг, соединяющих золотник РМ вертикальных рулей с наружным кольцом прибора курса и золотник РМ горизонтальных рулей с маятником гидростата. Управление РМ вертикальных рулей было релейным, а управление РМ горизонтальных рулей – пропорциональным (следающим).

Ввод стрельбовой информации в корабельные торпеды осуществлялся с помощью механических установщиков (шпинделей) и переключателей режимов. Вводилось всего три параметра: угловая установка гироскопа (угол  $\omega$ ), заданная глубина хода и режим скорости.

При всей простоте эти приборы обеспечивали точность хода по направлению (боковое отклонение) в пределах 1% от пройденной дистанции при дальности хода до 4 км и точность хода по глубине 1 м в диапазоне глубин 6–14 м. Столь высокая и по современным представлениям точность обеспечивалась не только конструкцией аппаратуры управления и технологией ее изготовления, но и индивидуальной настройкой приборов в процессе пристрелки. А в те времена пристреливалась каждая торпеда. Основные массогабаритные и вывесочные характеристики пристреливаемых практических торпед полностью соответствовали характеристикам боевых торпед, что обеспечивалось конструкцией практического зарядного отделения (ПЗО).

Носителями торпедного оружия были подводные лодки, надводные корабли, торпедные катера и самолеты-торпедоносцы. Целями торпедных атак считались надводные корабли, стрельбы по которым могли вестись в пределах прямой видимости с расчетом на попадание в борт корабля. Подводные лодки выполняли торпедные стрельбы, как правило, из перископного положения. Поскольку скорость хода торпед на порядок превышала скорость ПЛ в момент запала, вопрос безаварийного расхождения торпеды со стрельбой ПЛ не возникал.

Траектории движения торпед были предельно просты: сразу после выхода из ТА торпеды выполняли разворот на угол  $\phi$  с конструктивным радиусом и после снятия стопора горизонтальных рулей выход на заданную глубину. Необходимость создания самонаводящихся торпед коренным образом изменила просуществовавшую более 70 лет конструкцию систем управления движением торпед и методику их проектирования.

## **2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ САМОНАВОДЯЩИХСЯ ПРОТИВОКОРАБЕЛЬНЫХ ТОРПЕД.**

Практически все самонаводящиеся противокорабельные торпеды имели в качестве прототипов торпеды пря-

моидущие. От них заимствовалась и корпусно-механическая часть (КМЧ), и ЭСУ, и внешняя архитектура – гидродинамическая компоновка, и частично АУ.

Аппаратура управления движением первой отечественной противокорабельной торпеды «САЭТ-50» с пассивной системой самонаведения была почти точной копией аппаратуры торпеды «ЭТ-46», которая, в свою очередь, была копией аппаратуры немецкой торпеды «G-7e». Отличие от прототипа состояло в том, что в системе управления курсом торпеды «САЭТ-50» была предусмотрена возможность передачи управления вертикальными рулями системе самонаведения. Сделано это было предельно просто: перемещение золотника РМ вертикальных рулей осуществлялось с помощью реле, управляемого аппаратурой самонаведения (АСН). Эта конструкция вошла в историю под названием ПКСТ – прибор курса самонаводящихся торпед. При таком управлении торпеда в процессе самонаведения выполняла развороты по углу рыскания с конструктивным радиусом. Направление разворота и его длительность определялись командами АСН.

В дальнейшем необходимость повышения эффективности торпед привела к существенным изменениям их систем управления. В частности, на приборы управления движением была возложена новая функция – обеспечение безопасности стреляющей ПЛ в случае несанкционированного движения торпеды в сторону борта ПЛ при выполнении угловой установки.

Объективные тенденции развития торпедного оружия – повышение скорости и дальности хода, увеличение глубины стрельбы – привели к увеличению переутяжеления торпед, смещению центра масс в корму и к уменьшению снижения центра масс. Ухудшились разгонные характеристики тепловых ЭСУ, особенно при стрельбе с больших глубин. Все это вместе взятое сделало торпеды разработки 60–70-х гг. весьма неблагоприятными объектами управления. Для обеспечения требуемого качества процессов управления необходимо было совершенствовать гидродинамические компоновки торпед, аппаратуру управления и методы их проектирования.

В процессе создания АУ нового поколения предстояло обеспечить следующее:

- точность хода по направлению в пределах 1–1,5% от пройденной дистанции при увеличении дистанции хода торпед с 4–10 до 15–50 км;
- точность хода по глубине в пределах 1–1,5 м переутяжеленных торпед, вывеска которых существенно менялась по мере расходования энергокомпонентов;
- применение переутяжеленных торпед с торпедных катеров (ТК), НК и ПЛ в заданном диапазоне скоростей хода носителей, глубины стрельбы, глубины места и балльности моря.

Для решения первой задачи были разработаны уникальные конструкции малогабаритных электромеханических приборов курса с мгновенным запуском сжатым воздухом, электрическим «поддувом», электрическим съемом сигнала и электромеханические креновыравнивающие приборы, гироскопические и маятниковые. Была изменена методика прокачки прибора курса: она велась «по мировым осям», а видимый уход прибора за счет вращения Земли компенсировался путем задания поправки к углу  $\omega$ , которую рассчитывали приборы управления торпедной стрельбой (ТАС, ПУТС, БИУС).

Для решения второй задачи были разработаны более совершенные конструкции маятниковых автоматов глубины (для торпед «МГТ-1», «53ВА»), а позднее – конструкция малогабаритной гировертикали с мгновенным запуском сжатым воздухом, электрическим «поддувом» и электрическим съемом сигнала (для торпеды «65-76» и ряда других). Тем самым было положено начало созданию «безынерционных» автоматов глубины для корабель-

ных торпед. Для обеспечения требуемой точности хода по глубине тепловых торпед, вывеска которых могла изменяться в широких пределах, канал управления глубиной строился по принципу ПИД-регулятора.

Третья задача – обеспечение применения торпед с различных носителей – долго решалась методом проб и ошибок. Только с середины 70-х гг., когда были разработаны математические модели, удовлетворительно описывающие поведение торпед на начальном неустановившемся участке движения, работы по обеспечению применения торпед были поставлены на научную основу. Методически решение задачи применения торпед с НК и ТК строилось следующим образом:

- на основании информации о расположении ТА на корабле, о качке корабля и о параметрах вылета торпеды из ТА проводились расчеты движения торпеды в воздухе и определялись параметры привода (ППВ);
- при известных ППВ методом физического моделирования определялись параметры движения торпеды в паровоздушной каверне и фиксировались параметры в момент замыкания каверны (ПМЗК);
- при известных ПМЗК проводились расчеты параметров движения торпеды в условиях безотрывного обтекания. Расчеты выполнялись методом математического моделирования.

На основании результатов этих расчетов с учетом связей ПМЗК–ППВ–параметры движения носителя определялись допустимые условия применения.

Для обеспечения функционирования противокорабельной ССН состав системы управления был дополнен третьим каналом – регулированием крена; в качестве управляющих органов применялись, как правило, элероны. Кроме того, в состав системы управления курсом был включен ограничитель угловой скорости (ОУС). АУ компоновались из отдельных блоков: прибор курса, ОУС, релейно-усилительный блок (РУБ) канала курса; блок стабилизации глубины (БСГ), блок вертикального маневрирования (БВМ), РУБ канала глубины; измеритель крена и РУБ канала крена. В результате углубленных исследований динамики торпед были выработаны требования к конструкции приборов, их рациональному размещению в торпед.

Для повышения эффективности торпед был расширен объем вводимой стрельбовой информации: были добавлены угол второго поворота  $\Delta\phi$  и дистанция включения АСН  $D_c$ .

С учетом перечисленных технических решений были разработаны системы управления противокорабельных торпед «МГТ-1», «САЭТ-60», «53-65», «53-65К» и др. Торпеда «35-65К» до последнего времени оставалась одной из самых массовых в ВМФ. Интересно, что управление ходом этой торпеды по глубине осуществляется с помощью гидростата Уайтхеда, конструкция которого отличается от конструкции начала XX в. только наличием отверстия для кабеля, соединяющего головной отсек с кормовым отделением. Наиболее совершенной в этом ряду является система управления торпеды «65-76». В свое время эта торпеда была «рекордсменкой мира» по таким показателям, как ходовое качество (скорость 50 уз на дистанции 50 км) и точность хода по направлению (боковое отклонение от линии стрельбы – не более 500 м на предельной дистанции).

### **3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ САМОНАВОДЯЩИХСЯ ПРОТИВОЛОДОЧНЫХ ТОРПЕД.**

Противолодочные торпеды в отличие от противокорабельных проектировались, как правило, без прототипа. Исключение составила торпеда «СЭТ-53», прототипом которой являлась торпеда «САЭТ-50».

3.1. Система управления первой отечественной противолодочной торпеды «СЭТ-53» с пас-

сивной системой самонаведения (ССН) была разработана в те времена, когда господствующим методом проектирования был метод проб и ошибок. Так была разработана оригинальная конструкция первого автомата глубины, предназначенного для управления маневрированием торпеды в продольной плоскости по командам АСН. Этот автомат, получивший название СМП (сильфонно-аятниковый прибор), обеспечивал не только выполнение команд АСН, но и контроль за соблюдением ограничений глубины и дифферента, запоминание глубины. И все это – с использованием только механических и пневматических устройств. Простота и надежность конструкции приборов управления были в числе факторов, обеспечивавших торпедой СЭТ-53 признание эксплуатирующих частей и долгую жизнь на флоте.

В то же время опыт проектирования и эксплуатации торпеды «СЭТ-53» показал, что возможности механических приборов в системах управления самонаводящихся противолодочных торпед практически исчерпаны.

3.2. В целях повышения эффективности самонаводящихся противолодочных торпед необходимо было обеспечить выполнение ряда новых режимов движения: циркуляции с заданными угловыми скоростями в плоскостях вертикальных и горизонтальных стабилизаторов, движение с фиксированными в процессе самонаведения глубиной, углами рыскания и дифферента, соблюдение ограничений по диапазонам допустимых глубин и допустимых углов дифферента. На всех участках траектории должно обеспечиваться регулирование нулевого крена. Кроме того, АУ должна была вырабатывать информацию о параметрах движения торпеды для АСН.

Совокупность перечисленных задач была решена при проектировании первых торпед с активно-пассивными ССН – корабельной торпеды «СЭТ-40» и авиационной торпеды «АТ-1». Следует отметить, что на торпедой «СЭТ-40» было применено традиционное для электроторпед безрамное оперение, а на торпедой «АТ-1» – рамное. Применение рамного оперения было обусловлено конструктивными соображениями – необходимостью крепления парашюта (по современной терминологии, системы торможения и стабилизации – СТС). Функции запоминания измеренных параметров движения выполнялись электромеханическими следящими системами, которые были введены в конструкцию прибора курса и маятникового автомата глубины. Для регулирования угловых скоростей применялись упомянутые выше ОУС. Для регулирования крена была разработана оригинальная конструкция маятникового креновыравнивающего прибора (МКВП), который впоследствии был заменен универсальным креновыравнивающим прибором (УКВП). Суммирование сигналов при формировании управляющих функций осуществлялось с помощью электромеханических устройств. Приборы управления выполнялись в виде отдельных функционально законченных узлов. Все рулевые машинки имели релейное управление. В качестве рабочего тела использовались сжатый воздух или гидравлика. Для обеспечения залпового применения корабельных торпед стрельбовая информация была дополнена заданием угла  $\alpha$ .

Так сформировался облик первого поколения электромеханических приборов управления движением торпед. В соответствии с этим была спроектирована АУ торпеды «СЭТ-65», которая длительное время оставалась основным противолодочным оружием НК и ПЛ. Отметим, что модификация торпеды «СЭТ-40» была применена в качестве боевой части первого отечественного минно-торпедного комплекса.

При проектировании аппаратуры управления движением авиационной противолодочной торпеды «АТ-2» был принят ряд прогрессивных технических решений: конструкция приборов управления выполнена в виде монобло-

ка, для суммирования сигналов в управляющих функциях применены электронные сумматоры вместо электромеханических. В процессе последующей модернизации пневматические рулевые машинки были заменены гидравлическими. Именно торпеда «АТ-2» стала использоваться в составе отечественного ракетного противолодочного комплекса (РПК).

Траектории начального движения и алгоритмы управления торпед были достаточно просты. Корабельные торпеды после выхода из ТА и задействия АУ выполняли угловую установку и выход на заданную глубину поиска с предельно допустимым углом дифферента. Авиационные торпеды после приводнения и задействия АУ или выход на нулевой дифферент, после чего начинали выполнять поисковую траекторию – циркуляцию в боковой плоскости с одновременным плавным выходом на заданную глубину.

3.3. Определенный этап в развитии систем управления авиационных противолодочных торпед связан с проектированием торпеды «УМГТ-1», которая должна была применяться с самолетов, вертолетов в режимах полета и висения и в качестве боевой части (БЧ) РПК. Такое разнообразие носителей предполагало весьма широкие диапазоны начальных условий движения после приводнения.

Сама торпеда «УМГТ-1» как объект управления не имела аналогов: источник энергии – батарея одноразового действия, активируемая морской водой; двигатель – водомет; оперение – поворотные стабилизаторы; перемещение торпеды превышало 100% при одновременном смещении центра масс в корму. Все это вместе взятое сделало торпеду «УМГТ-1» очень сложным объектом управления.

Для этой торпеды необходимо было разработать малогабаритные приборы управления, отличающиеся повышенной стойкостью к воздействию виброударных перегрузок при полете в составе ракеты и после разделения с ней и рулевой привод, в котором с целью минимизации габаритов не должны были использоваться ни пневматика, ни гидравлика.

В результате был создан БПУ, в котором в качестве датчиков кинематических параметров применены три датчика угловой скорости (ДУС), два маятниковых датчика угла (МДУ) и два датчика давления, мелководный и глубоководный. Необходимые для управления по командам АСН углы разворотов изделия вычислялись путем интегрирования угловых скоростей, запоминание глубины выполнялось электронным запоминающим устройством. В торпед впервые были применены электромеханические РМ с отбором энергии от вала силового электродвигателя.

Процесс отработки системы управления торпеды «УМГТ-1» был долгим и сложным: была изменена гидродинамическая компоновка торпеды – поворотные стабилизаторы заменены безрамным оперением с торцовыми шайбами, изменена конструкция муфт в РМ, усовершенствованы алгоритмы управления движением. В результате торпеда успешно выдержала испытания со всех носителей во всех режимах применения.

3.4. Отдельно следует остановиться на истории создания системы управления боевой части минно-торпедного комплекса – торпеды «МПТ-1». Конструкция этой системы создавалась с учетом результатов изучения системы управления движением торпеды «Мк46».

Первое, что бросилось в глаза при внешнем осмотре торпеды «Мк46» – это необычное для отечественных торпед форма рулей, их профиль и соотношение между площадью рулей, которые выполняли функцию оперения, и размерами торпеды. Структура БПУ и вид управляющих

функций оказались в основном аналогичными принятым в торпед «УМГТ-1». Отличались лишь габариты датчиков кинематических параметров движения: прибора курса, ДУС, МДУ и датчика давления. Габариты американских датчиков оказались значительно меньше, чем отечественных. Неожиданными оказались наличие в моноблоке БПУ авиационной торпеды прибора курса и его конструкция. Это был прибор с пружинным запуском, от которого в отечественном торпедостроении отказались в пользу пневматического запуска еще в позапрошлом веке. Оригинальной оказалась схема управления рулевыми машинками, в частности, управление рассогласованием вертикальных рулей производилось за счет изменения скорости переключки каждого из них.

При проектировании системы управления торпеды «МПТ-1» от торпеды «Мк46» были позаимствованы внешняя архитектура и редукторы рулевых машинок. Состояние торпедного приборостроения в то время не позволило наладить серийное производство приборов курса, ДУС, МДУ, датчиков давления, электродвигателей для РМ с аналогичными массогабаритными и эксплуатационными характеристиками. В результате торпеда «МПТ-1» несколько превосходила торпеду «Мк46» по длине и массе. В итоге торпеда «МПТ-1» успешно прошла цикл натурных испытаний в качестве авиационной торпеды, а на вооружение была принята в качестве БЧ противолодочного минно-торпедного комплекса.

3.5. Торпеда «СЭТ-56» была последней корабельной «чисто» противолодочной. В дальнейшем противолодочные торпеды проектировались для использования либо с авиационных носителей, либо в составе минно-торпедных комплексов.

На базе противолодочных торпед «СЭТ-53» и «СЭТ-65» были созданы корабельные телеуправляемые торпеды, а на базе авиационной торпеды «АТ-1» – первая вертолетная телеуправляемая торпеда. Это было новым шагом в проектировании систем управления, так как до появления телеуправления взаимодействие аппаратуры управления движением торпеды с носителем сводилось к приему стрельбовой информации и заканчивалось в момент залпа, т.е. стрельба выполнялась по принципу «выстрелил–забыл». С появлением телеуправления система управления движением торпеды стала трехуровневой, в ее функции входила передача приоритета в формировании заданных режимов движения от одной информационно-управляющей системы к другой. Отметим, что до появления телеуправляемых торпед датчики кинематических параметров движения не являлись измерителями в строгом смысле этого слова, а приборы управления работали в режиме нуль-органа, сравнивая заданное значение параметра с измеренным. При проектировании АУ телеуправляемых торпед потребовалось измерение сначала угла рыскания, а в дальнейшем глубины, скорости, координат. Кроме того, появилось новое требование – минимизация внешнего акустического поля торпеды. Это потребовало иного подхода к проектированию рулевого привода, виброактивность которого была в числе демаскирующих торпеду факторов.

Параллельно с разработкой новых гидродинамических компоновок и новых конструкций аппаратуры управления проводились исследования поведения маятниковых и гироскопических приборов при пространственном маневрировании торпед, разрабатывались инженерные методы расчетов установившихся режимов и переходных процессов в сложных нелинейных системах автоматического регулирования, которым становились системы управления движением. С проектированием систем управления движением противолодочных торпед связано интенсивное развитие методов математического и физико-математического моделирования процессов управления.

#### 4. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТОРПЕД.

В 60-х гг. началось проектирование универсальных самонаводящихся торпед.

Параллельно велось проектирование двух торпед: малогабаритной торпеды «МГТ-3» калибра 40 см, предназначенной для самообороны НК и ПЛ, и торпеды «УСТ» калибра 53 см, предназначенной для поражения крупных НК и перспективных ПЛ. Обе проектируемые торпеды в качестве источников энергии имели одноразовые батареи, активируемые морской водой в качестве винтомоторной группы – биротативные двигатели с соосными гребными винтами, в качестве оперения – рамную ХЧ. Управление креном первоначально осуществлялось с помощью элеронов, расположенных перед ГВ, по аналогии с торпедой «СЭТ-65». обе торпеды отличались от своих предшественниц, противолодочных и противокорабельных торпед, увеличенными дальностью, скоростью и глубиной хода. Повышение основных тактико-технических характеристик повлекло за собой увеличение переутяжеления (до 60% и более) и смещение центра масс в корму, а также уменьшение снижения центра масс и ухудшение разгонных характеристик ЭСУ.

С учетом ожидаемых условий применения и требований к управляемости этих торпед разработчики систем управления движением определили состав аппаратуры управления, который стал типовым для этого класса торпед более чем на 30 лет.

Блок приборов управления содержал:

- измерители глубины (дав датчика давления: мелководный, для управления при стрельбе по НК, и глубоководный);
- измеритель курса (трехстепенной гироскоп с мгновенным запуском);
- измеритель дифферента и крена (гировертикаль с мгновенным запуском);
- три ДУС для измерения угловых скоростей;
- вычислительно-логическое устройство;
- усилители мощности для управления рулевыми машинками.

Конструкция приборов управления представляла собой моноблок. Все функции, связанные с формированием законов управления, выполнялись с помощью электронных устройств.

В качестве исполнительных элементов использовались три электрогидравлические рулевые машинки с релейным управлением.

Так окончательно оформился облик электромеханических приборов управления второго поколения.

В процессе проектирования универсальных торпед разработчикам систем управления пришлось решить ряд сложных задач, связанных в основном с обеспечением управляемости переутяжеленных торпед на начальном участке движения и при выполнении «сильных» маневров. Решение этих задач осложнялось тем, что экспериментальные данные о динамике проектируемых торпед были получены в результате натурных испытаний практических торпед, в которых в качестве источника энергии использовались аккумуляторные батареи (АБ). Эти торпеды по вывеске и характеристикам ЭСУ существенно отличались от боевых торпед. Необходимо было провести исследования, направленные на повышение достоверности математических моделей, используемых для предсказания поведения боевых торпед. Эти исследования дали толчок развитию нового для торпедостроения направления работ – идентификации систем управления.

Для обеспечения нормального функционирования систем проектируемых торпед, в частности гироскопических приборов управления и энергосилового установок, были разработаны специальные алгоритмы управления началь-

ным движением. Неоднократно изменялась конструкция органов управления проектируемых систем. В частности, в торпед «МГТ-3» элероны были перенесены на завинтованную крестовину и установлены соосно с вертикальными рулями, а в торпед УСТ установлена дополнительно вторая пара элеронов, расположенных соосно с горизонтальными рулями. В результате достаточно длительного цикла расчетно-теоретических работ, лабораторно-стендовых и натурных испытаний обе торпеды были приняты на вооружение. При этом выбранный первоначально облик аппаратуры управления малогабаритной торпеды «МГТ-3», получившей шифр «СЭТ-72», практически не изменился. А вот облик системы управления торпеды УСТ претерпел существенные изменения.

Параллельно с разработкой систем управления движением универсальных торпед происходило совершенствование самого процесса проектирования, в частности его автоматизация. В рамках разработки системы автоматизированного проектирования морского оружия (САПРО МО) была разработана подсистема автоматизированного проектирования систем управления движением (САПРО СУД). Было создано формализованное описание процесса проектирования, разработаны типовые организующие документы, структура унифицированной блочной модели динамики торпеды и программные модули для работы с ней. Разработанные в рамках этой подсистемы программные модули используются при проектировании систем управления и в настоящее время.

В заключение этого раздела остановимся на основных точностных характеристиках систем управления движением. Точность хода торпед по направлению и глубине осталась на том же уровне, что и 30 лет назад. Однако существенно изменились условия, в которых эта точность обеспечивается.

Во-первых, 100%-ная пристрелка торпед была заменена выборочной, а индивидуальная надстройка параметров АУ не допускалась.

Во-вторых, существенно возросли время хода торпед, дистанции хода, перепады между глубиной стрельбы и заданной глубиной хода.

В-третьих, выполнение заявленных точностных характеристик гарантировалось в течение 6–10 лет после изготовления торпед.

Сохранение высокой точности в изменившихся условиях стало возможным благодаря совершенствованию конструкции аппаратуры управления и применению прогрессивных технологий.

#### 5. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТОРПЕД, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПЛ.

5.1. На определенном этапе развития торпедного оружия фактором, тормозящим это развитие, стала система ввода стрельбовой информации с помощью механических установщиков – шпинделей. С увеличением глубины стрельбы возрастали усилия, необходимые для их вращения. Но самое главное, ограниченный объем информации, вводимой с помощью блока установки курса (БУК), блока установка глубины (БУГ) и переключателя режимов, сдерживал возможность повышения эффективности торпед во всем многообразии тактических ситуаций. Переход от механической системы ввода стрельбовой информации к электрической стал велением времени. Этот переход проходил в два этапа, и оба они были связаны с оснащением автоматизированных ПЛ торпедным оружием. Автоматизированные ПЛ отличались от своих предшественниц тем, что операции подготовки к залпу и выстреливания торпед (управление торпедными аппаратами, зарядание, ввод стрельбовой информации) производились в автоматическом режиме.

На первом этапе система механического ввода данных (МВД) была заменена электроконтактной системой ввода (ЭКСВ). Передача электрических сигналов с носителя – ПЛ пр. 705 – осуществлялась через специальную контактную пару, одна половина которой размещалась на ТА, а другая – на обводе торпеды. Передаваемая стрельбовая информация запоминалась с помощью шаговых двигателей и далее преобразовывалась к виду, необходимому для формирования управляющих функций. Так появились модификации приборов управления для автоматизированных торпед «СЭТ-65А», «САЭТ-60А» и «53-65А». Эксплуатационные характеристики системы ввода, контактные пары которой должны были работать в морской воде, оставляли желать лучшего, а конструкция системы не позволяла наращивать объем вводимой стрельбовой информации. Поэтому ЭКСВ не получила дальнейшего развития.

На втором этапе электроконтактная система ввода была заменена герметичным разъемом, конструкция которого предусматривала возможность автоматической стыковки при загрузке торпеды в ТА и расстыковки в момент залпа. Такая система связи торпед с ТА стала характерна для ПЛ третьего поколения.

Необходимость размещения на торпедной разьеме привела к существенному изменению гидродинамической компоновки торпед с рамной ХЧ. Конструкция устройства ввода состояла из разьема с трубой для кабеля и профилированного кронштейна, который придавал конструкции необходимую жесткость. Кроме того, к этому же кронштейну предполагалось крепить лодочную катушку телеуправления (ЛКТУ).

Наличие в составе торпеды таких навесных устройств существенно ухудшило маневренные качества торпеды и усложнило решение задачи безаварийного послезалпового расхождения торпеды со стреляющей ПЛ. по условиям применения торпед с ПЛ не допускалось соударение ПЛ как с торпедой, так и с отделяемыми от нее навесными устройствами. Для выполнения этого требования и определения допустимых условий применения торпед с ПЛ третьего поколения было организовано принципиально новое взаимодействие между проекантами кораблей и разработчиками торпед; переработаны методики исследования процессов управления и доработаны математические модели динамики торпед. В результате были разработаны специальные алгоритмы управления начальным движением торпед, включающие маневр отведения торпед с направления движения ПЛ.

5.2. Передача стрельбовой информации через герметичный разъем сняла практически все ограничения на объем вводимой стрельбовой информации. Ограничителем стала конструкция существовавших приборов управления с их электромеханическими запоминающими устройствами. Для разрешения этого противоречия в состав аппаратуры управления была включена бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ). В процессе предстартовой подготовки БЦВМ работала в режиме диалога с БИУС ПЛ. включение в контур управления БЦВМ позволило, помимо увеличения объема вводимой стрельбовой информации, расширить возможности формирования алгоритмов управления и открыло перспективу для дальнейшего совершенствования систем управления движением. За счет ввода в торпеду информации о широте места применения удалось решить задачу выведения торпеды в заданную точку акватории с заданным углом рыскания. На систему управления движением была возложена новая функция – защита стреляющей ПЛ от самонаведения на нее собственной торпеды.

Первая БЦВМ под названием цифровой автомат (ЦА) была применена в системе управления движением той самой универсальной торпеды «УСТ», о которой шла речь в предыдущем разделе. Она была принята на вооружение под назва-

нием «УСЭТ-80». принципиальными отличиями системы управления торпеды «УСЭТ-80» от торпеды «УСТ» были:

- наличие БЦВМ; изменение информационного обмена с носителями;
- отказ от элеронов и переход к рассогласованию вертикальных рулей для регулирования крена;
- замена РМ с релейным управлением на РМ с пропорциональным управлением;
- изменение алгоритма управления движением;
- изменение информационного обмена с АСН.

Созданием АУ, содержащей в своем составе традиционные торпедные датчики кинематических параметров движения и БЦВМ, было завершено формирование облика третьего поколения электромеханических приборов управления движением торпед.

5.3. Помимо универсальных торпед, на некоторых проектах ПЛ третьего поколения должны были размещаться и самонаводящиеся противокорабельные торпеды. Первоначально в качестве таковых предполагалось использовать торпеды ДСТ. О судьбе их будет сказано ниже. На вооружение ПЛ третьего поколения была принята торпеда «65-76А». Она отличалась от прототипа – торпеды «65-76» – как гидродинамической компоновкой, так и составом АУ движением. Для стыковки с ТА торпеда была доработана в части размещения разьема системы ввода стрельбовой информации и кронштейна. Для сопровождения с БИУС ПЛ в состав АУ был введен дополнительный блок, который выполнял функцию преобразования стрельбовой информации к виду, который БПУ торпеды «65-76» получал от шпиндельных установщиков.

5.4. В процессе проектирования систем управления движением торпед для автоматизированных ПЛ окончательно оформилось новое направление расчетно-теоретических работ в области динамики торпед – обоснование условий применения, обеспечивающих безопасное для ПЛ расхождение торпеды и стреляющей ПЛ. в ходе этих работ сформировалось представление о торпедной подсистеме Большой системы, включающей торпедную систему управления и системы носителя, обеспечивающие применение торпедного оружия. Успешное решение проблемы безопасного для стреляющей ПЛ применения торпед стало возможным благодаря тесному сотрудничеству проектантов кораблей и разработчиков системы управления движением торпед. Плодами этого сотрудничества стали:

- отлаженная система информационного обмена при проектировании комплексов торпедного вооружения ПЛ;
- принципиально новый подход к вводу стрельбовой информации и формированию послезалпового маневрирования торпед;
- алгоритмы управления движением торпед, учитывающие специфику конструкции ПЛ и параметры ее движения в момент залпа;
- новый подход к выбору размещения торпедных аппаратов и пусковых установок на носителях, при котором учитываются специфика конструкции и схемы действия торпед.

## **6. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТОРПЕД, КОТОРЫЕ ПРОШЛИ ЦИКЛ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, НО НЕ БЫЛИ ПРИНЯТЫ К СЕРИЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ.**

При этом причины, по которым торпеды не были приняты на вооружения, находятся вне пределов техники.

6.1. Система управления движением противокорабельной торпеды «ДСТ». Торпеда разрабатывалась для оснащения ПЛ третьего поколения. Объект управления – двухрежимная по скорости торпеда, имеющая переутяжеление около 60%, водометный движитель и оригинальное оперение (профилированные стабилизаторы малого удлинения и закалиберные суперкавитирующие рули

большого удлинения). Управление креном осуществлялось путем рассогласования всех четырех рулей. Объект управления весьма неблагоприятный, учитывая что торпеда должна была выстреливаться в достаточно большом диапазоне глубин, а при преследовании НК-цели должна двигаться в приповерхностном слое в режиме развитой кавитации. Состав аппаратуры управления был аналогичным примененному в торпеде «УСЭТ-80».

В результате длительного цикла расчетно-теоретических, лабораторно-стендовых и натурных работ удалось разработать конструкцию принципиально нового оперения, в частности, очень сложного узла рыскания и поворота рулей. Торпеда была принята на государственные испытания, успешно их выдержала, но и к серийному производству рекомендована не была. После трагической гибели ПЛ «Курск» ряд специалистов высказал в открытой печати мнение, что при наличии в боекомплекте ПЛ торпеды «ДСТ» вместо торпеды «65-76А» исход инцидента мог быть иным.

6.2. Система управления движением торпеды «Латуш». Торпеда разрабатывалась для оснащения сверхмалых ПЛ. Старт торпеды из пусковой установки (ПУ) ПЛ должен был осуществляться самовыходом. С перерывом почти в 80 лет разрабатывалась ПЛ с ПУ, рассчитанная на самовыход торпед. И впервые в практике торпедостроения разрабатывалась система управления движением торпеды, стартующей самовыходом.

Прототипом объекта управления послужила торпеда «СЭТ-72». Торпеда «Латуш» отличалась от прототипа значительно меньшим переутяжелением и меньшим смещением центра масс в корму, что было необходимо для обеспечения нормальной управляемости торпеды после самовыхода из ПУ. АУ движением была заимствована от торпеды «СЭТ-72».

В процессе работ по обеспечению применения торпеды с ПЛ были внесены изменения в конструкция ПЛ, после чего испытания успешно завершились. Это был редчайший случай доработки конструкции ПЛ по результатам торпедных стрельб.

А далее изменились времена, сверхмалые ПЛ оказались невостребованными, равно как и предназначенные для их оснащения торпеды «Латуш».

6.3. Система управления движением модификации торпеды «УСЭТ-80», предназначенной для применения с НК, оснащенных РТПУ. Большинство торпед разработки 40–60-х гг. прошлого века, предназначенных для применения с НК и ТК, имели сравнительно небольшое переутяжеление (до 30%), небольшое продольное смещение центра масс и значительное его снижение. ЭСУ этих торпед набирали номинальную мощность за считанные секунды. Поэтому достаточно простые приборы управления – трехстепенной гироскопический прибор курса и маятниковый автомат глубины – обеспечивали приемлемое качество начального движения этих торпед после приводнения.

Характеристики торпеды «УСЭТ-80» отличались от перечисленных выше в худшую сторону как в части вывески, так и в части разгонных характеристик ЭСУ. В результате проведенных расчетов было установлено, что при применении в составе торпеды приборов управления, описанных в разд. 4 и 5, обеспечить приемлемое качество процессов управления в требуемом диапазоне условий применения (скорости хода НК и балльности моря) не удастся.

В результате расчетно-теоретических и опытно-конструкторских работ была разработана новая конструкция БПУ, в которой предусматривалось формирование так называемых круговых управляющих функций. Смысл этих функций состоял в том, что они обеспечивали управление рулями для кратчайшего выхода на заданные глубины и курс при произвольном пространственном положении

торпеды, в том числе, при вращении по крену.

Торпеда с новым БПУ успешно прошла натурные испытания, но к серийному производству принята не была. Однако созданный научно-технический задел не пропал. БПУ нашел применение в ряде последующих разработок систем управления движением торпед. Аппарат круговых управляющих функций используется при разработке систем управления авиационных торпед, боевых частей минно-торпедных и ракетных противолодочных комплексов.

## 7. В ПОСЛЕВОЕННОЙ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТОРПЕД МОГУТ БЫТЬ ВЫДЕЛЕННЫ СЛЕДУЮЩИЕ ЭТАПЫ.

*Первый этап: с 1955 по 1965 г.* Создано первое поколение электромеханических приборов управления. Характерные черты приборов: механическая система ввода данных, электромеханический прибор курса; маятниковый автомат глубины, запоминание информации с помощью электромеханических следящих систем, суммирование сигналов с помощью потенциометров, РМ релейные и пропорциональные (в канале глубины противокорабельных торпед). Господствовали традиционные гидродинамические компоновки. Проектирование систем управления велось в основном от прототипа, методом проб и ошибок. Зарождение расчетно-теоретических методов проектирования.

*Второй этап: с 1965 по 1975 г.* Создано второе поколение электромеханических приборов управления. Характерные черты приборов: механическая система ввода данных, электромеханический прибор курса; маятниковый или гироскопический автомат глубины, обработка информации с помощью электронных устройств, релейные РМ. Началось разработки нетрадиционных гидродинамических компоновок. Проектирование систем управления велось на основании расчетно-теоретического обоснования. Начало разработки подсистемы САПР СУД.

*Третий этап: с 1975 по 1990 г.* Создано третье поколение электромеханических приборов управления. Характерные черты приборов: электрическая система ввода данных, БЦВМ, электромеханический прибор курса; электромеханическая гировертикаль, обработка информации с помощью цифроаналоговых устройств, пропорциональные РМ. Торпеды с нетрадиционными гидродинамическими компоновками были приняты к серийному производству. Внедрение в практику проектирования САПР СУД как подсистемы САПР МО. Период расцвета проектирования систем управления движением торпед.

7.1. Анализ развития аппаратуры управления движением торпед за указанный период показал, что основа любого прибора – датчики кинематических параметров движения – за 30–35 лет не претерпели принципиальных изменений. Наличие в составе аппаратуры управления движением торпед, предназначенных для применения с НК, трехстепенных гироскопических приборов накладывало ограничения на условия применения этих торпед. Отсутствие у авиационных торпед курсоуказания не позволяло в полной мере реализовать их потенциальные возможности в части поиска и преследования целей.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности торпед представляется внедрение бесплатформенных систем ориентации. Наличие достаточно точной системы ориентации, не накладывающей ограничений на положение торпеды в пространстве, позволяет решить ряд проблем, возникающих при проектировании систем управления авиационных торпед, боевых частей минно-торпедных и ракетных противолодочных комплексов и торпед, предназначенных для применения с надводных кораблей.

Внедрение бесплатформенных систем ориентации, в которых в качестве измерителей угловых скоростей ис-

пользуются лазерные или твердотельные ДУС, приведет к преобразованию торпедных приборов из электромеханических в электронные.

Наличие в составе АУ достаточно мощной БЦВМ открывает широкие возможности для совершенствования алгоритмов управления движением и получения дополнительной информации о параметрах собственного движения торпеды в интересах повышения эффективности систем самонаведения и телеуправления. С учетом возможностей торпедных БЦВМ можно ожидать продолжения перераспределения функций между носителем и торпедой в части обработки вводимой стрельбовой информации. Может оказаться целесообразным вводить в торпеду не заданный угол рыскания, а информацию о положении и элементах движения цели. Тогда торпедная система управления сама будет формировать траекторию движения, оптимальную для обнаружения цели в конкретных условиях использования.

7.2. Наличие в составе АУ достаточно мощной БЦВМ открывает широкие возможности для совершенствования алгоритмов управления движением и получения дополнительной информации о параметрах собственного движения торпеды в интересах повышения эффективности систем самонаведения и телеуправления. С учетом возможностей торпедных БЦВМ можно ожидать продолжения перераспределения функций между носителем и торпедой в части обработки вводимой стрельбовой информации. Может оказаться целесообразным вводить в торпеду не заданный угол рыскания, а информацию о положении и элементах движения цели. Тогда торпедная система управления сама будет формировать траекторию движения, оптимальную для обнаружения цели в конкретных условиях использования.

7.3. Для практики наибольший интерес на первом этапе представляют собой методы, базирующиеся на классической теории вариационного исчисления. Рассмотрим эти возможности применительно к задачам динамики управляемого движения некоторого самоходного изделия, снабженного винтовым либо реактивным движителем и гидродинамическими средствами стабилизации и управления.

Соответствующие уравнения движения в самом общем виде имеют вид

$$\frac{dX}{dt} = F(X, \delta, P, \dots) \quad (1)$$

Уравнения (1) рассматриваются на промежутке времени

$$0 \leq t \leq T \quad (T = \text{const}) \quad (2)$$

и ставится задача экстремизации некоторого функционала

$$\Phi = \int_0^T f(X, \delta, P, \dots) dt \rightarrow \text{extr.} \quad (3)$$

Здесь приняты следующие обозначения:

$X^T = \{\nu, \alpha, \beta, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \gamma, \psi, \theta, x_g, y_g, z_g\}$  – вектор траекторных параметров;

$F^T = \{F_\nu, F_\alpha, F_\beta, F_{\omega_x}, F_{\omega_y}, F_{\omega_z}, F_\gamma, F_\psi, F_\theta, F_x, F_y, F_z\}$  – вектор правых частей уравнений (1);

$\delta^T = \{\delta_\alpha, \delta_\beta, \delta_\gamma\}$  – вектор переключений управляющих органов (рулей и элеронов);

$P^T = \{P_x, P_y, P_z\}$  – вектор составляющих силы тяги, развиваемой движением объекта.

Задача (3) при условиях (1) и (2) может решаться с учетом дополнительных ограничений типа равенств:

$$g_i(X, \delta, P, \dots) = 0 \quad (i = \overline{1, n}) \quad (4)$$

либо неравенств

$$h_j(X, \delta, P, \dots) \leq 0 \quad (j = \overline{1, p}). \quad (5)$$

Подынтегральная функция  $f(\dots)$  функционала  $\Phi$  и функции-ограничения  $g_i(\dots)$ ,  $h_j(\dots)$  определяется в зависимости от конкретной постановки задачи. Так, в случае

задачи о минимальном расходе топлива реактивного двигателя при заданных дальностях по координатам  $x_g, y_g, z_g$  полагаем

$$f(\dots) = \frac{dm}{dt} \left( P_x \frac{dm}{dt} w \right);$$

$$g_1(\dots) = x_g - x_{зад}; g_2 = y_g - y_{зад}; g_3 = z_g - z_{зад};$$

в случае задачи о максимальной дальности при ограниченном расходе топлива

$$f(\dots) = \nu; h = m_{зад} - m \text{ и т.д.}$$

Здесь  $m$  – текущее значение массы тела; индекс «зад» определяет заданные (максимально допустимые) значения соответствующих величин.

Решение (1)–(5) сводится к решению системы уравнений

$$\frac{DL(\dots)}{\partial q_\sigma} = 0 \quad (\sigma = 1, 2, \dots);$$

$$g_i(\dots) = 0; \quad h_j(\dots) = 0 \quad [i = \overline{1, n}; j \in B(X)]$$

при соответствующих начальных условиях.

В общем случае, если оптимизируются все параметры, фигурирующие в задаче, будем иметь:

$L(\dots)$  – функция Лагранжа–Куна–Таккера, определяемая формулой

$$L(\dots) = f(\dots) + \Lambda_\sigma G(\dots) + \Lambda_F^T F(\dots) + \Lambda_H^T H(\dots);$$

$$D/L \partial q_\sigma = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial}{\partial q_\sigma} - \frac{\partial}{\partial q_\sigma} - \text{лагранжева производная по координате } q_\sigma;$$

$q_\sigma$  – оптимизируемые параметры (в общем случае все

параметры векторов  $X, \delta, P$  и др.);

$\Lambda_F, \Lambda_G, \Lambda_H$  – векторы множителей Лагранжа для составляющих вектора  $F(\dots)$ , а также векторов

$$G = \{g_1, \dots, g_n\}; H = \{h_1, \dots, h_p\};$$

Причем  $j \in B(X)$ , т.е. соответствует активным ограничениям  $h_j(X)$ .

Таким образом, в данной постановке задачи в качестве оптимальных зависимостей могут быть получены:

$$X = X_{\text{opt}}(t) - \text{траектория движения тела};$$

$$\delta = \delta_{\text{opt}}(t) - \text{закон управления движением};$$

$$P = P_{\text{opt}}(t) - \text{изменения тяги движителей (двигателя)}$$

во времени.

При этом под оптимальностью подразумевается обеспечение экстремального значения некоторому функционалу вида (3) при наличии ограничений вида (4), (5). В заключение заметим, что рассмотренный выше метод не является единственным в теории оптимальных процессов. Известны также методы динамического программирования, фазовой плоскости (задача о быстродействии), а также принцип максимума Понтрягина. Мы полагаем, что изложенный метод выбора функционала в задачах оптимизации наиболее прозрачным с точки зрения взаимодействия его с целевыми функциями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коршунов Ю.Л., Строчков А.А. Торпеды ВМФ СССР. – СПб.: Гангут. – Нептун, 1994.
2. Широкопад А.Б. Оружие отечественного флота. – Минск: Харверст АСТ, 2001.
3. Алиев Ш.Г. и др. Торпедное оружие. – СПб.: Наука, 2002.
4. Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России. – Т.2. – СПб.: Наука, 2002.
5. ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. – СПб.: ИЦ Гуманитарная академия, 2003.
6. Кабанец Е.В. Обзор развития систем управления отечественных торпед. – Тр. XIX конференции РНК по истории и философии науки и техники, СПб., 1998. ■

**В** числе задач, стоящих перед специалистами российского кораблестроения, одной из важнейших является обеспечение конкурентоспособности проектных решений. Речь идет не только о том, что в каждом конкретном случае необходимо добиваться оптимальных решений в рамках уже сформулированных проектных заданий. Более важная (можно сказать – стратегическая) задача – определение тех типов судов, по которым российские специалисты благодаря накопленному творческому и методическому потенциалу в состоянии достичь успеха в экспорте интеллектуальной продукции. Определив такие направления, следует обеспечить их приоритетным финансированием, кадрами инициативных и творчески активных специалистов, экспериментальной и опытно-конструкторской базой. Желательно в этих же направлениях акцентировать учебный процесс по морской технике в кораблестроительных вузах, чтобы молодые специалисты составили авангард искателей новых научно-технических решений, новаторов, изобретателей, открывателей оригинальных интеллектуальных и материальных технологий. Тогда удастся не только сохранить положение России в качестве одной из ведущих кораблестроительных держав, но и добиться благоприятных экономических результатов.

Указанные конкурентоспособные направления можно обеспечить несколькими путями. Один из них (трудоемкий, требующий серьезного финансирования) – это системное решение так называемой внешней задачи теории оптимизационного проектирования судов для сетки типов судов – претендентов [17, 24]. Другой путь – ретроспективный поиск. Необходимо посмотреть, какие типы судов наша страна экспортировала в прошлом и какие продолжает экспортировать. Тогда окажется, что среди объектов экспорта преобладают скоростные суда – обычные однокорпусные, на подводных крыльях, на воздушной подушке. Если (помимо анализа фактического экспорта) обратить внимание на потенциал научных исследований, то к названным типам можно вполне обоснованно добавить катамараны и экранопланы [26]. Не ставя задачу полного анализа конкурентоспособной (с позиций экспорта) группы типов судов, можно на примере одного из типов рассмотреть возникающие проблемы и способы их решения. Далее вопрос рассматривается на примере экранопланов (по открытым публикациям).

Известно, что одним из пионеров обзорных исследований по экранопланам является Н.И. Белавин [3–6].

# ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТО- СПОСОБНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

**Б.А. Царев,**

*д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ*

Благодаря его настойчивости научно-технической общественности стали известны многие отечественные и зарубежные публикации по обсуждаемой теме. Им же показана выдающаяся роль генерального конструктора Р.Е. Алексеева в создании лучших в мире экранопланов. Много важной информации можно получить из обзоров ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и из опубликованных в последние годы материалов нижегородских специалистов [7–9, 11, 12, 19, 22]. Эта же информация (в совокупности с работами Н.И. Белавина) позволяет уяснить, какие пути и варианты применения и совершенствования экранопланов уже испробованы, а какие ждут своего исследования. Очень ценной для прояснения концептуальных позиций является книга В.Б. Диомидова [10]. В ней показано, что при должной настойчивости надежные и эффективные автоматизированные системы управления динамикой высокоскоростных судов могут быть созданы российскими специалистами на уровне, не уступающем мировому.

При беглой оценке внешнего вида экраноплана неспециалист может подумать, что это – низколетящий самолет. На самом же деле, экраноплан – летящий над поверхностью крылатый катер. Верность второго определения подтверждается поставленными перед экранопланом задачами и теми свойствами, которые требуются от обсуждаемого объекта. Его крылья предназначены для работы именно вблизи поверхности (отсюда и термин «экран»), при этом на экранный режим катер выходит из режима движения по той же поверхности (чаще всего из состояния плавания, но в принципе выход возможен и из движения на шасси по твердой поверхности или на лыжах по снегу). Очень кратковременно (и не очень успешно с позиций критерияльной эффективности) рассматриваемый объект может взлететь над

препятствием, перейти в режим экранолета. Но сила его – только в длительной связи с водой – экраном.

Подобно герою древнегреческих мифов Антею, побежденному Гераклом, в отрыве от экрана крылатый катер теряет свою эффективность, становится плохим самолетом. Потому-то не достигают конкурентоспособности маломестные прогулочно-разъездные экранопланы. Не стали конкурентоспособными и тяжелые экранопланы массой более 100 т – они опередили свое время, а их конверсия оказалась невыгодной. Значит, поиск оптимального пассажирского экраноплана должен вестись в диапазоне полных масс от 10 до 90 т. К такому выводу склоняют как исследования В.М. Пашина, так и те варианты, к которым позднее пришел сам Р.Е. Алексеев [9, 22]. В то же время создание тяжелых экранопланов в качестве опытных объектов принесло неопределимую пользу для практики и теории создания подобных судов, позволило выявить и частично решить проблемы старта, прочности, мореходности, маневренности, управления движением с помощью систем автоматизации, обеспечения устойчивости движения в вертикальной продольной плоскости, организации эксплуатации.

Специалисты считают, что «на основе этих исследований удалось показать, что прогнозируемые данные по экранному эффекту подтверждаются на скоростях движения вблизи экрана до 500 км/ч, дальность полета до 2 тыс. км и мореходность на взлетно-посадочных режимах движения до 2,5 м высоты волны» [20, с. 72]. Но речь идет о предельных технических возможностях. Для экономически рентабельной эксплуатации необходимо конкретно оптимизировать как названные параметры (скорость, дальность, уровень мореходности), так и пассажироместность, полную массу (водоизмещение). По данным открытых публика-

ций «существует ряд отечественных проектов пассажирских экранопланов водоизмещением от 10 до 500 т, пассажироместностью от 20 до 500 чел., мореходностью при высоте волны до 3,5 м и дальностью хода до 6000 км» [20, с. 72]. К сожалению, в большинстве случаев публикуются только полученные результаты, но не приводятся оптимизационные обоснования. Проведение таких обоснований – настоящая задача специалистов по скоростным судам.

Исследование академика В.М. Пашина отчетливо показало существование ограниченного диапазона проектных характеристик, вне которого создание исследуемого объекта либо вообще технически невозможно, либо экономически невыгодно [17, 18]. В число проектных характеристик входили хорда несущего крыла, полная масса объекта, полезная нагрузка, требуемая мощность. Поскольку в исследовании речь шла о возможности создания перспективных объектов, то и архитектурно-конструктивный тип рассматривался из числа выгодных в будущем (монокрыло). Но в краткосрочной перспективе более выгодна та схема, которая применялась Р.Е. Алексеевым. Для этой схемы выгодные количественные параметры иные, как правило, меньшие по числовым оценкам. Более полное сопоставление четырех возможных архитектурно-конструктивных типов это подтверждает [25]. Для скоростных судов определяющую роль играет несущая система (реданы, крылья, система создания воздушной подушки), поэтому при их проектировании так важно исследовать параметры именно этой доминирующей системы [23].

При сравнительном анализе необходимо в первую очередь рассмотреть схемы монокрыла, фюзеляжно-самолетную, тандемно-катамаранную и схему с кормовой центровкой – «утку» (рис.1). Именно эти схемы, по обзорным данным Н.И. Белавина и других специалистов, являются наиболее распространенными [3, 19, 25]. На рисунке обозначение «ЦД» соответствует суммарному центру давления, на одной вертикали с которым будет располагаться и центр тяжести.

В схеме «монокрыло» (М) при больших размерах основная часть объема вписывается в главное несущее крыло, площадь вспомогательных крыльев (стабилизирующих элементов, вертикального и горизонтального оперения) заметно меньше площади главного крыла. Если учитывать построенные объекты, проекты и патенты, то к этой схеме можно отнести не менее половины общего числа. Для относительно малых вариантов руле-

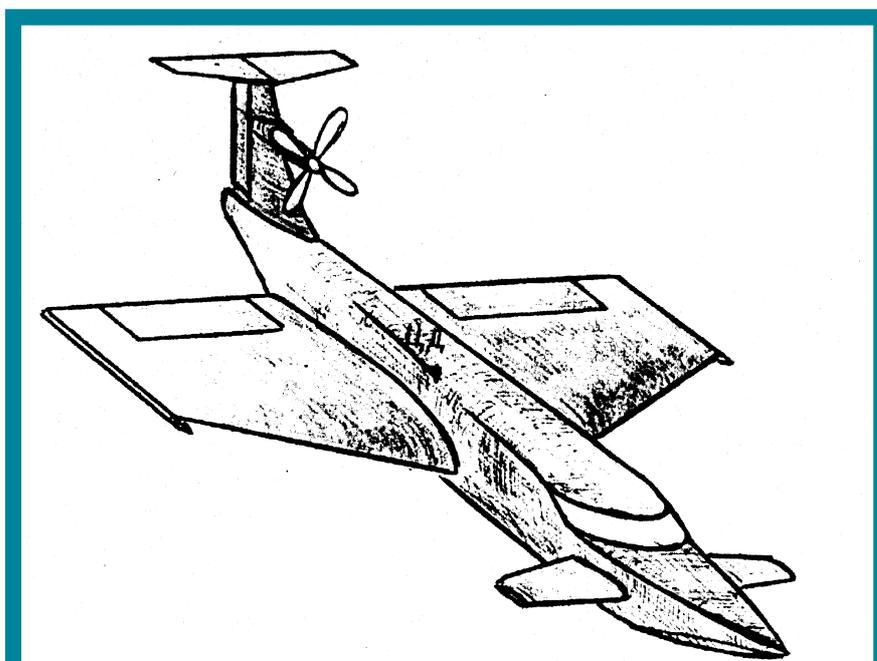


Рис.1. Схема с кормовой центровкой – «утка»

вая рубка и другие полезные объемы могут располагаться в фюзеляже по диаметральной плоскости или в боковых фюзеляжах – поплавках (рис. 1).

В схеме «фюзеляжно-самолетной» (Ф) несущее крыло расчленяется фюзеляжем по типу самолета, в крыле полезные объемы невелики. На долю этой схемы приходится до трети всех разработок, а в доведенных до рабочего режима конструкциях она заметно преобладает. С практической точки зрения важно то, что при работе с данной схемой в качестве испытателей можно использовать летчиков, изучивших те эффекты, которыми экраноплан отличается от самолета.

В схеме «тандемно-катамаранной» (Т) полезные объемы размещаются в боковых катамаранных корпусах, играющих роль гидродинамических шайб, сами крылья невелики по хорде, толщине (высоте профиля) и размаху. К этой схеме можно отнести 10–12 % всех выполненных разработок. Схема «утка» (У) по общей компоновке очень близка к схеме «фюзеляжно-самолетной», но отличается четко выраженным кормовым расположением главного крыла. Эта схема применяется так же редко, как и схема «тандемно-катамаранной». Во всех схемах большую роль играют горизонтальные и вертикальные элементы управления.

Параметрами аналитического сопоставления упомянутых схем на первых этапах являются локальные технические характеристики. На завершающих этапах анализа необходимо сравнивать показатели провозоспособности (при равных затратах) либо показатели относительной прибыли на единицу эф-

фективности. Наиболее важными локальными характеристиками для экранопланов являются: хорда, размах, площадь и масса несущего крыла; такие же характеристики для органов управления курсом, высотой движения (клиренсом), креном и дифферентом (тангажом); полная масса, длина, ширина, высота для экраноплана в целом; продольное положение центра давления и центра тяжести; осадка в исходном режиме плавания; число агрегатов, масса и мощность энергетической установки, размеры и массы движителей и стартовых устройств. Для приведения к «общему знаменателю» можно анализировать компоновочную совместимость, соотношение масс (в том числе долю полезной массы в общем балансе вертикальной нагрузки).

Техническая допустимость локальных характеристик определяется проверкой таких наиболее существенных свойств, как максимизация полезной нагрузки по отношению к полной массе (1), эффективное использование экранного эффекта (2), ходкость при высоком гидродинамическом качестве (3), устойчивость движения (4), прочность (5), поперечная остойчивость (6), рациональное сочетание вертикальных динамических и статических сил в процессе изменения скорости (7), надежность и кратковременность старта (8), управляемость (9), мореходность (10), удобство компоновки оборудования в основном корпусе и в крыльях (11). Роль и полезность каждой локальной характеристики, соответствующей одной из схем, фиксируется с учетом долевых

коэффициентов для включаемых в анализ свойств. Если для примера рассматриваемого подхода ограничиться одинадцатью перечисленными свойствами, то для первых четырех долевые коэффициенты можно принять по 0,15; для следующих двух – по 0, 10; для последних четырех – по 0,05.

Результаты сопоставления при применении пятибалльной шкалы для локальных оценок представлены в табл.1. Первоначальные оценки (числитель) соответствуют тому “потолку”, который возможен при данной схеме. Исправленная на долевой коэффициент оценка (знаменатель) при суммировании по 10 строкам позволяет найти интегральное значение локального технического критерия. Для монокрыла левый столбец соответствует малым экранопланам (примерно до 80 т полной массы), а правый столбец – более крупным экранопланам.

Итоговый результат таблицы экспертных оценок показывает преимущества фюзеляжно-самолетной схемы

по сравнению с остальными. Однако даже условно “худшая” схема слабее победителя лишь на 11%. Именно поэтому в практике создания рассматриваемых объектов и применялись все схемы, первоначально не подвергавшиеся расчетному анализу, но казавшиеся разработчикам субъективно “лучшими” по тем или иным соображениям.

В реальной же практике наиболее критичной оказалась позиция 4 (устойчивость), сопряженная даже с авариями и жертвами. По этой позиции суммарно “лучшая” схема – компоновка, что видно из последней строки таблицы.

В то же время надо отметить, что у схемы-лидера (а возможно, и у схемы “утка”) с ростом размеров имеют тенденцию ухудшения позиции 1 (относительная полезная нагрузка), 5 (прочность) и 8 (старт). Поэтому для тяжелых экранопланов оптимальность может перейти к схеме “монокрыло”. Но применение схемы монокрыла – это дело очень отдаленного будущего.

Показатели, вошедшие в таблицу, и уровень экспертных оценок были качественно проверены на натурном эксперименте с моделями схем, перечисленных ранее, буксировавшимися над твердым экраном с нарастающей скоростью. Этот эксперимент проводился в студенческом конструкторском бюро ЛКИ сразу после первых публикаций Н.И. Белавина еще в середине 70-х гг. XX в. Целью эксперимента было сопоставление поведения моделей разных схем в процессе старта и при перемене скоростных режимов. Длина экспериментального полигона составляла 500 м. Все модели имели колесные шасси, позволявшие регулировать относительную высоту движения над поверхностью. Размахи крыльев составляли около одного метра. Замерялись скорости, путь и время разгона. Большинство остальных параметров движения (в том числе высота движения над поверхностью) оценивалось визуально и, частично, изучением фотографий. Сейчас большинство тогдашних участников экспе-

Таблица 1

Экспертная оценка конкурентоспособности схем

№ п.п.	Свойства экранопланов	Долевой коэффициент	М		Ф	Т	У
1	Относительная полезная нагрузка	0,15	4/0,6	5/0,75	4,5/0,675	4/0,6	4,5/0,675
2	Экранный эффект	0,15	5/0,75	5/0,75	4,5/0,675	4/0,6	4,5/0,675
3	Ходкость, качество	0,15	4/0,6	3,5/0,525	5/0,75	5/0,75	4,5/0,675
4	устойчивость	0,15	4/0,6	3,5/0,525	5/0,75	3,5/0,52	4/0,6
Итого по первой группе			2,55	2,55	2,85	2,425	2,625
	Локальное место		3–4	3–4	1	5	2
5	Прочность	0,1	5/0,5	5/0,5	4,5/0,45	3,5/0,35	4/0,4
6	Поперечная остойчивость	0,1	4/0,4	3,5/0,35	4,5/0,45	5/0,5	4,5/0,45
Итого по второй группе			0,9	0,85	0,9	0,85	0,85
	Локальное место		1–2	3–5	1–2	3–5	3–5
7	Сочетание сил	0,04	4,5/0,18	4,0/0,16	4,5/0,18	4,5/0,18	5/0,2
8	Старт	0,04	4,5/0,18	3,5/0,14	5/0,2	5/0,2	4,5/0,18
9	Управляемость	0,04	4/0,16	3,5/0,14	5/0,2	4/0,18	4,5/0,18
10	Мореходность	0,04	4,5/0,18	5/0,2	4/0,16	3,5/0,14	4/0,16
11	Удобство компоновки	0,04	4,5/0,18	5/0,2	4/0,16	3,5/0,14	3,5/0,14
Итого по третьей группе			0,88	0,84	0,9	0,84	0,86
	Локальное место		2	4–5	1	4–5	3
Итого по всем группам			4,23	4,24	4,65	4,125	4,375
	Общее место		4	3	1	5	2
Баллы, % от 1 места			90,8	91,2	100	88,8	94,1
То же по позиции “Устойчивость”			80	70	100	70	80

риента работают главными конструкторами проектов скоростных судов в конструкторских бюро “Алмаз” и “Редан”, а также в Зеленодольском ПКБ.

Полная равнопрочность при изготовлении моделей не контролировалась, но эксперимент обнаружил сильные и слабые схемы. Быстрее всего разбилась после нескольких неудачных маневров тандемно-катамаранная модель (из-за наличия четырех узлов соединения). Она же демонстрировала тенденцию вхождения в штопор, аналогичный наблюдаемому в буерном спорте. Очень интересные результаты дала не вошедшая в табл.1 модель, промежуточная между схемой монокрыла и самолетной (дельтовидная схема Липпиша с носовой центровкой). Эта модель показала отчетливую тенденцию входа в “мертвую петлю” после того, как над “волной” (имитировавшейся бугорками на поверхности) получала небольшой импульс к росту тангажа. Однако ее потенциал прочности был высоким, поэтому даже при падении в опрокинутом положении разрушения не происходило.

Опыт создания судов на подводных крыльях по проектам Р.Е. Алексеева и его сподвижников позволил получить представление о рациональном дискретном типоряде пассажироместимостей и соответствующих им полных масс и мощностей. Первоначальный ряд составили: “Ракета” (66 пассажиров, 27 т, 850 кВт, 1 дизель) – “Метеор”, “Комета” (130 пассажиров, 55 т, 1700 кВт, 2 дизеля) – “Спутник”, “Вихрь” (260 пассажиров, 110 т, 3400 кВт, 4 дизеля). Максимальные варианты при реальных пассажиропотоках оказались нерентабельны и остались в единственном числе. Та же участь постигла и появившийся позднее “Циклон”. Зато появились промежуточные варианты: “Полесье”, “Беларусь”, “Чайка” (меньше “Ракеты”), “Буревестник” (между “Метеором” и “Спутником”, остался опытным объектом из-за неэкономичности газовых турбин). Появившиеся позднее “Восход”, “Ласочка”, “Колхида” вошли в тот же типоразмерный ряд, сменив морально устаревших предшественников.

Таким образом, стихия реальной жизни и конкретной экономики подтвердила преимущества дизелей и выгодность типоразмерного ряда по пассажироместимости (массе), продолженного от исходного лишь в сторону меньших величин: 35 пассажиров (14 т) – 65 пассажиров (27 т) – 125 пассажиров (55 т). Созданная в Санкт-Петербурге (Ленинграде)

“Невка” на 18 пассажиров подтвердила эту тенденцию, закономерно заняв место между “Чайкой” и “Волгой”.

Если говорить о пассажирских экранопланах, то от судов на подводных крыльях они отличаются большей скоростью и провозоспособностью. Следовательно, ряд их пассажироместимостей должен отставать от ряда для судов на подводных крыльях и будет выглядеть, скорее всего, так: 18–35–65 пассажиров, в особенности, если речь пойдет об эксплуатации в относительно безлюдных районах Сибири и Арктики. Правда, может встать вопрос о перевозке вместе с пассажирами и грузов. Но грузы должны перевозиться обязательно по высоким тарифам, экономически оправдывающим применение экранопланов в качестве ведомо дорогостоящих конструкций. Конкретно разработки экранопланов, выполненные под руководством Р.Е. Алексеева, предназначались для служебных целей, оправдывающих принятые значения размеров и масс. Но как только встал вопрос о конверсионных задачах, сразу же выявилась невозможность приспособить созданные объекты для коммерческого использования. Только “Стриж” мог пойти в дело, но он оказался слишком мал (как выше упомянуто, должно быть хотя бы от 5 до 18 мест, как на “Волге” и “Невке”).

Прозорливость Р.Е. Алексеева позволила нащупать правильное направление конверсии в виде построенного судна на динамической воздушной подушке по схеме “Волга-2” и проекта “Чайка-2”. Важными факторами эффективности “Волги-2” была экономичная организация поддува под крыло с помощью поворотного воздушного винта в насадке и применение надувной баллонной схемы вместо расточительного выпуска воздуха из – под гибких ограждений в атмосферу при обычной амфибийной схеме [8, 9, 13, 21].

Фактически для этой схемы, усовершенствованной В.А. Дементьевым, А.И. Маскаликком, Д.Н. Синицыным и В.В. Соколовым, вполне применимо название *пневмолет*. Конечно, эта *пневмолетная* схема не упраздняет схемы нормальных экранопланов, так как она надежно применима лишь в относительно благоприятных условиях движения над спокойными реками. Во всех случаях (и для *пневмолетов*, и для экранопланов) актуальна задача оптимального выбора как величин для базисных характеристик (пассажироместимости, добавочного груза, полной массы, скорости, мощности, числа двигателей, обоснованности

добавления к дизелям газовых турбин, высоты волны или преодолеваемых препятствий), так и для конкретных характеристик самого скоростного судна, его несущего устройства и движителей (в особенности, применяемых материалов и конструкций).

В качестве методической основы для проведения конкретных оптимизационных обоснований могут быть применены проработки А.В. Абрамовского и Э.А. Паравяна, рассматривающие проблему в более широкой постановке [1, 2, 15]. Но еще более важно не ограничивать рамки исследований только российскими линиями, а включать в число вариантов объекты, предназначенные на экспорт. При этом следует иметь в виду не только постройку таких объектов на отечественных верфях (с возможными иностранными инвестициями), но и передачу зарубежным судовладельцам и судостроителям только исследовательских разработок, проектов и лицензий на авторские образцы (виртуальный экспорт). При таком подходе число конкурентоспособных типов скоростных судов заметно увеличится.

Известно, что эволюция разных групп скоростных судов происходит сходным образом, однако имеется закономерный сдвиг по времени в конкретных этапах, проходимых конкретным типом судна. Если начать с глиссирующих судов, то на 20–25 лет от них отстанут в сходных этапах эволюции суда на подводных крыльях, еще на такое же время – суда на воздушной подушке, а самые “молодыми” среди четырех групп судов с динамическим поддержанием являются как раз экранопланы [25, 27]. Внутри каждого из этих типов имеются дополнительные сдвиги (а иногда и возвраты). Например, амфибийные суда на воздушной подушке вырвались вперед, а их скеговые “собратья” эволюционируют более вяло. С одной стороны, они в большей степени компромиссны, с другой – их преимущества лучше выявляются при больших размерах, которые пока не оправданы с экономических позиций. Поэтому при создании экранопланов, которые вот-вот завершат экспериментальный этап своего развития, необходимо учитывать все те “болезни роста”, через которые прошли суда на воздушной подушке, на подводных крыльях и глиссеры. Так, экранопланы “болеют” той же неустойчивостью, через которую когда-то прошли глиссеры. Их ослабляет та же многоагрегатность, от которой почти избавились суда на воздушной подушке. Их экономика хромает, если подобно судам

на подводных крыльях “превзойден” рациональный уровень пассажировместимости и полной массы. Значит, учет опыта других групп скоростных судов может помочь экранопланам скорее “встать на ноги”. Главное условие для этого – найти типоразмерный оптимум. По мнению авторов, его следует искать по пассажировместимости где-то между 20 и 80 пассажирами, а по полной массе – между 15 и 35 т. Более точно можно сказать для после конкретизации назначения и линии. Пока что делаются безуспешные попытки приспособить к скромным гражданским задачам гигантов, создававшихся совсем для других целей.

Своевременность проведения оптимизационных разработок и разворачивания работ по конкретному проектированию скоростных судов новых типов подтверждается взглядами специалистов таких авторитетных в данной области стран, как США, Англия, Германия, Франция, Австралия, Канада, Корея. В сотрудничестве специалистов этих стран с российскими специалистами разработан и передан на утверждение в Комитет по безопасности мореплавания ИМО проект Международного Кодекса по безопасности экранопланов [20]. Кстати, уточнена терминология и предпочтительным развернутым термином для нормативной документации теперь считается выражение “крылатые суда, использующие эффект экрана” [14]. Конечно, в практике эксплуатации сохранится уже много лет используемый кораблестроителями краткий термин “экрanoплан” Вполне назрел вопрос и о сертификации экранопланов [7, 14]. Наличие отечественной и международной нормативной и правовой базы для проектирования, постройки и эксплуатации экранопланов позволит в ближайшем будущем перейти от создания экспериментальных экранопланов к их серийному производству. Наличие же достаточного спроса на экранопланы на рынке скоростных перевозок, оправдывающего серийную постройку, будет зависеть от правильного выбора базовых проектных характеристик.

Основным выводом из рассмотренных вопросов является то, что назрела необходимость усиления внимания к исследованиям в области скоростных судов, в том числе их передового отряда – экранопланов. Главную роль в реализации этой проблемы должны сыграть оптимизационные подходы и новые творческие решения. Отечественные специалисты вполне могут сохранить первенство по этому направлению исследо-

ваний, проектирования и постройки судов, но для этого следует активизировать работу по данной тематике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамовский А.В.* Трансокеанские скоростные суда: техническая фантастика или ближайшая перспектива? // *Морской Вестник*. – 2004. – № 2 (10). – С. 39–46.
2. *Он же.* Скоростные паромы ЦМКБ «Алмаз» для «Балтийского моста» // *Морской Вестник*. – 2002. – № 3 (3). – С. 29–31.
3. *Белавин Н.И.* Экранопланы. – Л.: Судостроение, 1968.
4. *Он же.* Корабли, самолеты, экранопланы. – СПб.: РИФ «Сомиздат», 1996.
5. *Белавин Н.И., Осипов С.А., Осипов Ю.М.* Боевые катера. – М.: Воениздат, 1971.
6. *Белавин Н.И.* Летающие суда будущего // *Судостроение*. – 1971. – № 3.
7. *Валерианов М.В., Дементьев В.А.* Основные положения сертификации речных коммерческих экранопланов // Тез. докл. 12-й Науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород: ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 154–161.
8. *Василевский И.М.* Состояние и перспективы развития скоростного судостроения // Тез. докл. 12-й Науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 15–25.
9. *Дементьев В.А.* Р.Е. Алексеев – основоположник отечественного скоростного судостроения // Тез. докл. 12-й Науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 40–49.
10. *Диомидов В.Б.* Экранопланы родились на Волге. – СПб.: ГНЦ ЦНИИ «Электронприбор», 1998.
11. *Исаченко В.П.* Силовые установки морских экранопланов конструкции Р.Е. Алексеева // Тез. докл. 12-й Науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 154–161.
12. *Кузин В.П., Никольский В.И.* Военно-морской флот СССР. 1945–1985. – СПб.: Морской исторический фонд, 1995.
13. *Любимов В.И., Роннов Е.П., Соколов В.В., Шевелев В.В.* Предпосылки использования высокоскоростных пассажирских судов на речном транспорте // Тез. докл. 3-й Науч.-техн. конфер. «Алферьевские чтения». – Н. Новгород, Изд. ГИИВТ, 1990, с. 54–56.

14. *Маскалик А.И.* О состоянии работ в области сертификации экранопланов // *Морской журнал*. – 2000. – № 1. – С. 16–21.
15. *Паравян Э.А.* Инвестиционные перспективы использования скоростных судов для пассажирских перевозок на морских каботажных линиях // *Морской Вестник*. – 2002. – № 1 (1). – С. 64–68.
16. *Он же.* Перспективы скоростных пассажирских перевозок по внутренним водным путям России // *Морской журнал*. – 2001. – № 3 /4. – С. 25–29.
17. *Пащин В.М.* Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
18. *Он же.* Экономическая эффективность экранопланов в зависимости от их размеров // *Судостроение*. – 1966. – № 5.
19. *Пащин В.М., Филиппенко Г.Г.* Высокоскоростные транспортные средства – экранопланы. – В кн.: *Иностранное судостроение. Суда на подводных крыльях, аппараты на воздушной подушке, экранопланы*. – Л.: Судпромгиз, 1963.
20. *Решетов Н.А., Евенко В.И., Кутейников М.А., Гаптов М.А.* Экранопланы готовятся в полет // *Морской Вестник*. – 2002. – № 4 (4). – С. 71–73.
21. *Синицын Д.Н., Маскалик А.И.* Первый гражданский экраноплан «Амфистар» и перспективы развития пассажирских экранопланов // *Морской журнал*. – 1998. – № 2/3.
22. *Староверов М.В.* Прогресс двигательных установок и развитие конфигураций экранопланов. – Тез. докл. 12-й науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 133–134.
23. *Царев Б.А.* Доминантный подход при оптимизации проектных характеристик высокоскоростных судов. – Тез. докл. 12-й Науч.-техн. конфер. памяти Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, ЦКБ по СПК-НТО им. А.Н. Крылова, 1997, с. 50–51.
24. *Он же.* Оптимизационное проектирование скоростных судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1988.
25. *Он же.* Прогноз эволюции архитектурно-конструктивных типов высокоскоростных судов // *Архитектура и художественное конструирование в судостроении*. – 1975. – Вып. 17. – С. 22–36.
26. *Царев Б.А., Соколов В.П.* Проектные аспекты гидродинамического совершенствования скоростных судов // *Морской Вестник*. – 2002. – № 1 (1). – С. 49–56.
27. *Царев Б.А.* Введение в художественное конструирование судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1973. ■

**Н**ачало строительства судов на подводных крыльях в нашей стране было положено Р.Е. Алексеевым, который работал над созданием подобных судов еще в годы Великой Отечественной войны. В 1957 г. им было построено первое пассажирское судно «Ракета», которое он продемонстрировал руководителям страны на Москве-реке. Именно с этого события началось массовое строительство СПК, предназначенных главным образом для эксплуатации на реках. Как правило, крыльевые схемы, разработанные Р.Е. Алексеевым, были основаны на применении малопогруженных крыльев, когда продольная и поперечная остойчивость судна обеспечивается зависимостью подъемной силы крыла от глубины его погружения. На этом этапе по существу проектирование крыльевой системы осуществлялось силами ЦКБ по СПК на основе теоретических работ Н.Е. Кочина и Н.А. Лаврентьева по гидродинамическим характеристикам подводных крыльев.

При создании СПК первого поколения ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова участвовал только в работах по проектированию гребных винтов. Для уменьшения вибрации ЦКБ по СПК применило на этих судах гребные винты с увеличенным числом лопастей. Однако эти винты оказались подвержены интенсивной эрозии, что приводило к необходимости докования судов в процессе летней навигации и ремонта движителей. В связи с этим институт (Е.П. Георгиевская) предложил новую конструкцию гребных винтов с улучшенной профилировкой лопастей, эрозионные повреждения которых вследствие кавитации не достигали опасного уровня, требующего ремонта. На основе опыта их эксплуатации были раз-

работаны атласы гидродинамических характеристик таких винтов, позволяющие в дальнейшем определять их элементы в процессе конкретного проектирования.

Хотя позднее ЦКБ по СПК был спроектирован ряд морских СПК («Комета», «Вихрь»), которые имели для обеспечения устойчивости движения пересекающие свободную поверхность элементы, однако следует признать, что основные достижения ЦКБ в этот период были связаны с применением крыль-

евых систем с малопогруженными крыльями. Работы в области проектирования СПК вело также ЦКБ «Алмаз» (ЦКБ-19), которое специализировалось на создании морских кораблей и судов. Им был создан ряд кораблей только с носовым крылом, а также полноотрывное пассажирское судно «Стрела» и патрульный катер по пр.125 (рис.1).

В середине 60-х гг. встал вопрос о создании мореходных кораблей на подводных крыльях водоизмещением 400-500 т со скоростями хода порядка 60 уз. В создании этих кораблей институт принимал активное участие. К этому времени стало ясно, что минимизация перегрузок при движении судна на волнении может быть обеспечена при применении глубокопогруженных крыльев без пересекающих свободную поверхность элементов и с большим клиренсом между крыльями и корпусом, исключающим замыв корпуса при движении на волнении. Однако особенностью такой крыльевой системы является отсутствие у оборудованного ею судна собственной остойчивости и необходимость для обеспечения устойчивого движения и безопасности системы автоматического управления подъемной силой крыльев.

Естественно, что применение подобной схемы для обеспечения высокой мореходности корабля предпочтительней, однако отсутствие в этот период опыта создания систем автоматического управления с высокой степенью надежности стало определенным препят-

# ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ И ВКЛАД ЦНИИ ИМ. АКАД. А.Н. КРЫЛОВА В ЭТИ РАБОТЫ

*А.Б. Лукашевич, д-р техн. наук,*

*А.А. Русецкий, д-р техн. наук, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»*



Рис.1. Патрульный катер пр.125



Рис.2. Катер с воздушной разгрузкой для испытания колонок

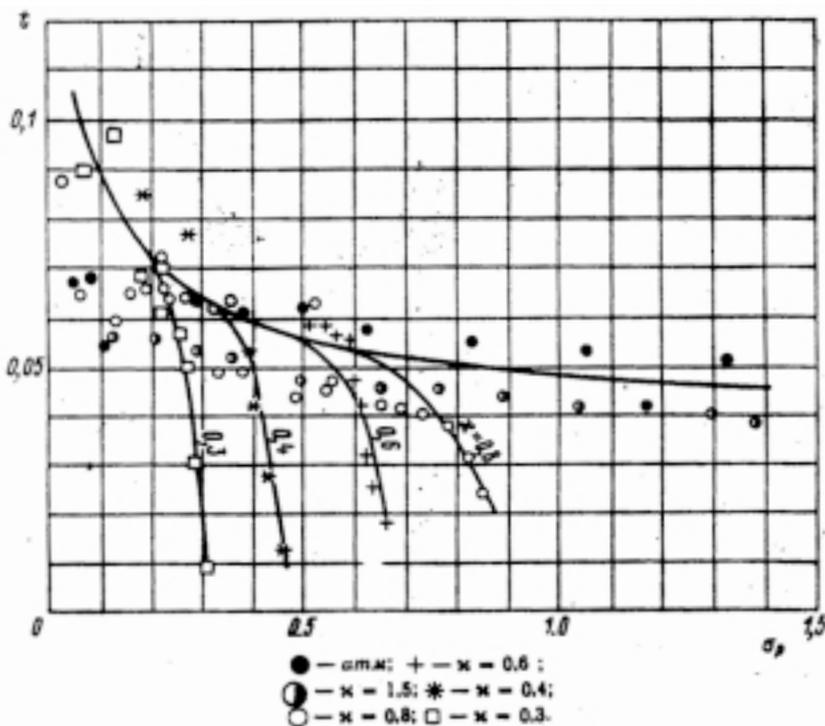


Рис.3. Коэффициент засасывания для кормового винта колонки

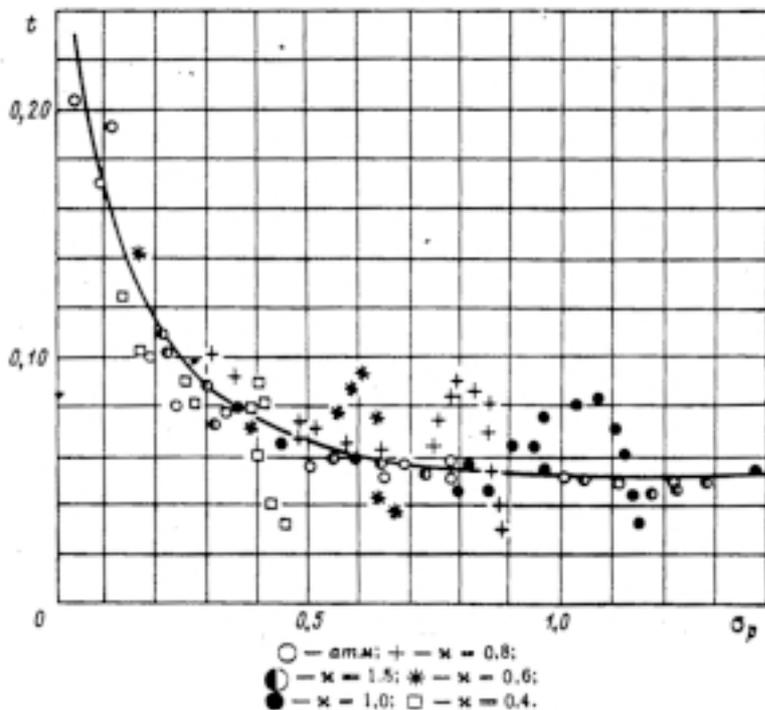


Рис.4. Коэффициент засасывания для носового винта колонки

ствием для принятия подобного решения.

ВМФ были выданы задания на проектирование двух кораблей - ракетного и противолодочного, технические характеристики несущей платформы которых были достаточно близкими. Проект противолодочного корабля был заказан Зеленодольскому ПКБ (главный конструктор - А.В. Кунахович), а ракетного - ЦМКБ «Алмаз» (главный конструктор - В.М. Бурлаков).

Проектирование кораблей пошло по различным направлениям. А.В.Кунахович решил применить для противолодочного корабля (пр. «Сокол») крыльевую систему с собственной устойчивостью по высоте и крену, дополнив ее автоматической системой, работающей в режиме успокоителя качки, т.е. попытаться предельно оптимизировать систему с элементами, пересекающими поверхность воды. В.М.Бурлаков поставил своей целью создание корабля с полностью погруженными подводными крыльями. Поскольку к этому времени опыт проектирования крыльевых систем у Зеленодольского ПКБ был невелик, разработка крыльевой системы «Сокола» осуществлялась ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Крыльевая система «Урагана» разрабатывалась ЦМКБ «Алмаз», институт проводил модельные испытания, которые легли в основу расчетов ходкости.

Необходимость обеспечения надлежащего клиренса этих мореходных кораблей обусловила невозможность применения традиционной системы подвода мощности к гребным винтам через наклонные валы как вследствие неприемлемо большого угла скаса потока на гребных винтах, так и большого сопротивления валов и их опорных конструкций. В результате в качестве движительного комплекса на кораблях были приняты угловые колонки. В связи с тем, что в нижней гондоле умеренного диаметра не удавалось разместить конические шестерни, передающие полную мощность, на каждой колонке она распределялась между двумя винтами, расположенными в носу и в корме колонки. Поскольку подобные движительные комплексы с соосными винтами для скоростей порядка 60 уз в нашей стране не применялись, институт выполнил большой комплекс работ, связанный как с проектированием гребных винтов, так и с изучением их взаимодействия между собой и колонкой.

В связи с большой удельной нагрузкой на гребные винты, которые предполагалось изготавливать из титана, весьма острой была проблема обеспечения их прочности. Применявшаяся в тот период балочная теория прочности гребного винта не позволяла объективно оценить местную прочность гребных

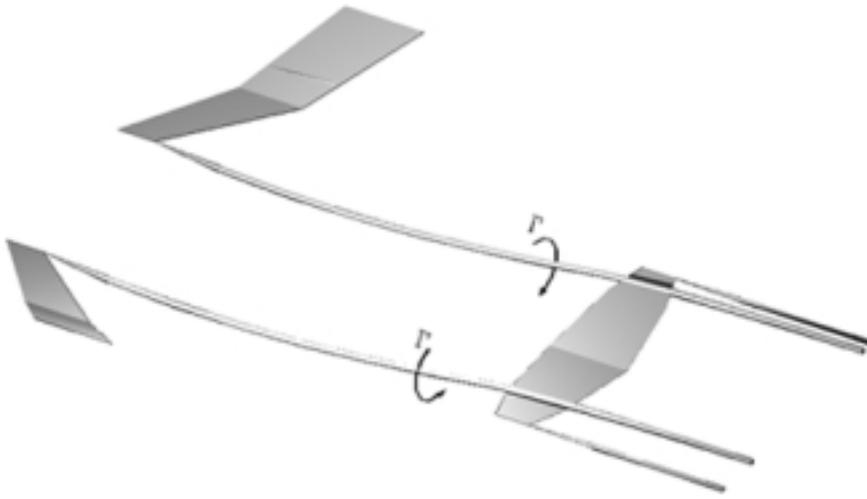


Рис.5. Несущие поверхности и торцевые свободные вихри крыльев СПК «Сокол»

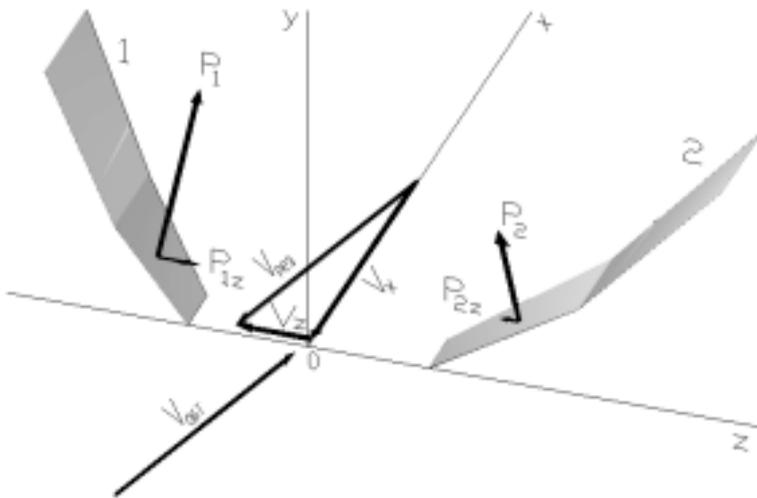


Рис.6. Составляющие скорости движения СПК «Сокол» при боковом смещении носового крыла, скорость обтекания этого крыла и силы, развивающиеся на его элементах



Рис.7. Самоходная модель СПК «Сокол»

винтов, а метод конечных элементов еще не получил распространения. Поэтому было принято решение испытать крупномасштабную модель гребного винта при натуральных скоростях. Для этой цели был построен специальный катер с воздушной разгрузкой, который развивал скорость до 70 уз (рис.2). Испытания показали, что опасения были достаточно основательными: на первом варианте винта произошел отгиб лопасти в районе входящей кромки. В обеспечение проектирования угловых колонок были впервые проведены экспериментальные исследования коэффициентов взаимодействия винтов с колонкой при низких числах кавитации (рис.3, 4). Эти исследования были необходимы для расчетов ходкости и проектирования гребных винтов и позволили выбрать их характеристики для «Сокола» и «Урагана».

При разработке крыльевой системы «Сокола» в основу были положены идеи обеспечения курсовой устойчивости движения судна за счет выбора специальной геометрии несущих плоскостей и повышения гидродинамического качества системы при использовании благоприятного взаимодействия между носовым и кормовым крыльями.

Автором концепции, реализующей обе названные идеи, Е.А.Крамаревым была предложена компоновка, включающая носовое раздельное крыло, состоящее из двух разнесенных по ширине стреловидных и килеватых элементов, и сплошное кормовое трапецевидной формы в плане с корневым сечением в ДП корпуса (рис.5). Каждый из элементов носового крыла включал два участка несущей поверхности с различными углами килеватости и одинаковым углом стреловидности. Внешние участки этих элементов пересекали поверхность воды (на рис.5 линия пересечения лучше видна на внешнем участке правого элемента), обеспечивая упоминавшуюся выше устойчивость СПК по высоте и крену. Кормовое крыло было выбрано глубокопогруженным (без стабилизирующего влияния поверхности воды). Положение его в потоке соответствовало приходящейся на крыло весовой нагрузке.

Идея обеспечения курсовой устойчивости СПК на прямом ходу реализовывалась за счет исполнения носового крыла одновременно стреловидным и килеватым. На рис.6 для случая бокового смещения этого крыла приведена схема скоростей перемещений и обтекания его элементов, а также развивающихся гидродинамических сил. Здесь  $V_x$  – скорость продольного движения,  $V_z$  – скорость бокового смещения носового крыла, которая, в случае ее возрастания, должна приводить к потере курсовой устойчивости СПК,  $V_{рез}$  – результирующая скорость движения судна. Скорость обтекания элементов крыла  $V_{обт}$  равна ре-

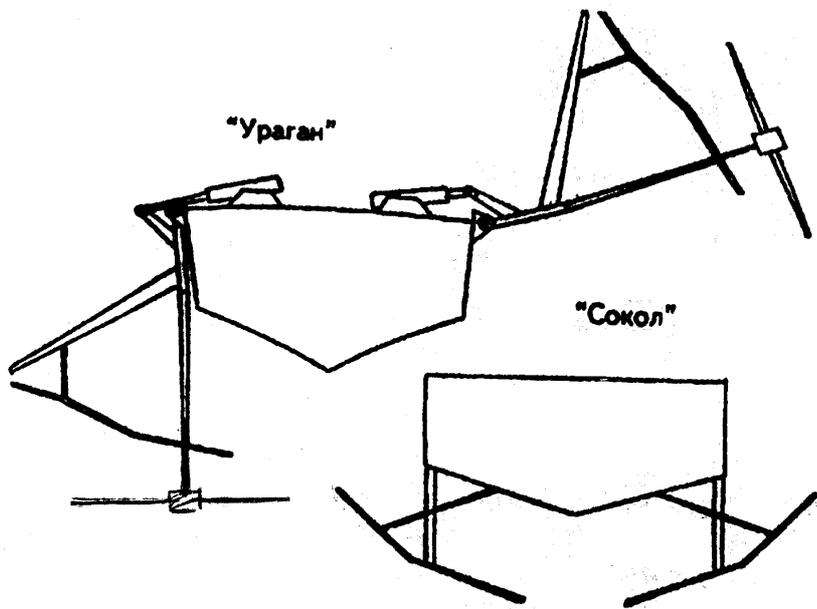


Рис.8. Схемы носовых крыльев СПК «Сокол» и «Ураган»

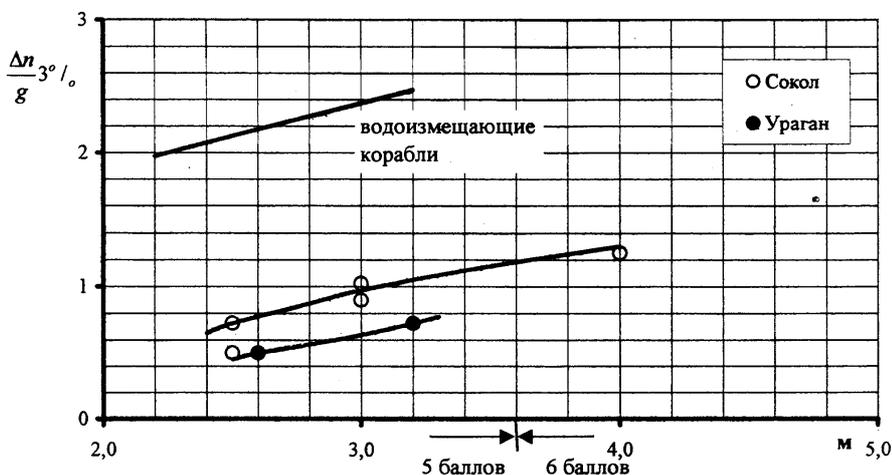


Рис.9. Сопоставление перегрузок для СПК и водоизмещающего судна

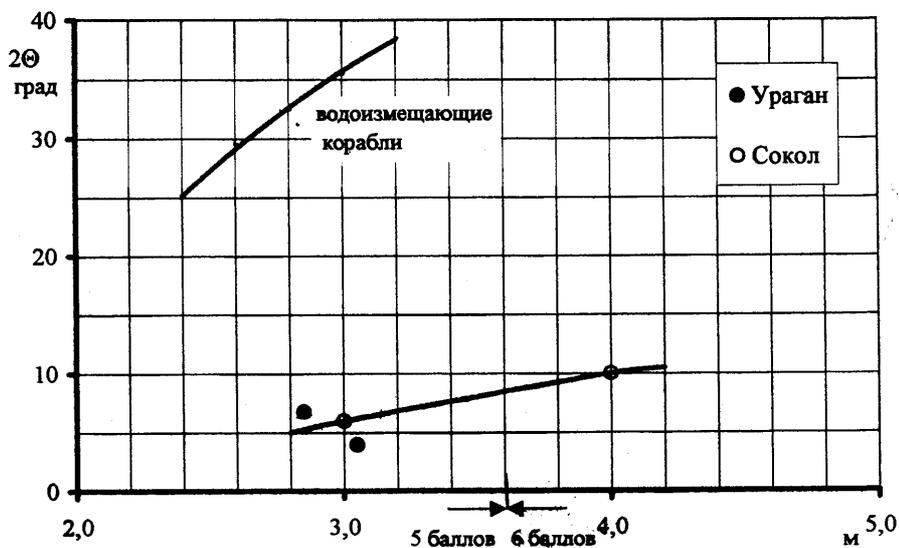


Рис.10. Сопоставление углов крена для СПК и водоизмещающего судна

зультирующей скорости по величине и противоположна по знаку, т.е.

$$\bar{V}_{\text{обт}} = -\bar{V}_{\text{рез}}$$

Как следует из представленной на рис.6 схемы, скорость обтекания крыла  $V_{\text{обт}}$  отклоняется относительно исходного направления движения (оси  $x$ ) таким образом, что элемент крыла, расположенный на стороне, соответствующей направлению бокового смещения (элемент 1), будет обтекаться под меньшим углом стреловидности, чем расположенный на противоположной стороне (элемент 2). Данное обстоятельство обусловит развитие на элементе 1 более высокой гидродинамической силы  $P_1$ , и ее боковой составляющей  $P_{1z}$ , появляющейся вследствие наклона килеватой несущей плоскости, чем на элементе 2 -  $P_2$  и  $P_{2z}$ .

Из изложенного следует, что при движении судна боковое смещение предложенного стреловидного и килеватого крыла приводит к возникновению на его элементах боковой силы

$$\Delta P_z = P_{1z} - P_{2z},$$

возвращающей крыло в исходное положение, соответствующее прямолинейному курсу, т.е. обеспечивающей курсовую устойчивость СПК.

Благоприятное гидродинамическое взаимодействие крыльев СПК «Сокол» обеспечивалось за счет использования индукции скосов потока торцевыми свободными вихрями носового крыла в районе кормового. На рис.5 показаны эти вихри и их положение относительно кормового крыла. Отмеченные стрелками направления вращения образующихся вихрей соответствуют возникновению положительных скосов на основной части кормового крыла, а значит и появлению индуктивной тяги. Для окончательной отработки крылевой системы Зеленодольским ПКБ была построена большая самоходная модель водоизмещением около 5 т, которая прошла большой цикл испытаний на тихой воде и волнении (рис.7). Эти испытания проводились совместно ПКБ и институтом. Причем основным исполнителем работ по этому заказу от института в этот период стал А.И.Калинин.

В своих работах по созданию «Урагана» ЦМКБ «Алмаз» не ограничилось постройкой и испытаниями моделей; было также спроектировано и построено натурное судно «Тайфун» водоизмещением около 60 т. Первоначально предполагалось, что его несущий комплекс будет полностью моделировать несущий комплекс «Урагана», однако этого достичь не удалось. «Тайфун» имел крыльевую схему самолетного типа с глубокопогруженными крыльями. Институт непосредственно не участвовал в проектировании крылевой схемы этого

корабля, но отработывал движительный комплекс и наладку комплекса крыльевая схема - автомат в Опытном бассейне института. Последующие натурные испытания пассажирского судна на отработанной платформе и его эксплуатация на линии Ленинград - Таллинн подтвердили проектные характеристики.

В дальнейшем в процессе проектирования «Урагана» ЦКБ не решилось применить крыльевую схему без собственной остойчивости и предусмотрело, в дополнение к глубокопогруженным крыльям, страховочные пересекающиеся свободную поверхность элементы. Носовые крыльевые схемы «Сокола» и «Урагана» показаны на рис.8. Кормовые кры-

лья кораблей обоих проектов были сформированы из глубокопогруженных элементов и отличались лишь количеством стоек. У двухвального «Урагана» их было две, а у трехвального «Сокола» - три. Поскольку технические характеристики гидродинамических платформ кораблей, оказались близкими, было принято решение провести сравнительные испытания построенных кораблей с тем, чтобы выбрать единую платформу для кораблей различного назначения. Для объективности сравнения корабли испытывались одновременно путем проведения галсов на параллельных курсах. Испытания, проведенные на тихой воде и волнении, показали, что оба корабля обладают высокой мореходностью, что следует из сопоставления полученных в процессе сравнительных испытаний углов крена и максимальных перегрузок на волнении 5 - 6 баллов кораблей на подводных крыльях и водоизмещающего корабля водоизмещением около 4000 т (рис.9 и 10). При этом значения углов крена и перегрузок на волнении для «Сокола» и «Урагана» также оказались близкими. Это обусловлено, по-видимому, тем, что страховочные элементы, установленные на «Урагане», свели на нет преимущества, обусловленные применением глубокопогруженных элементов носового крыла.

По результатам сравнительных испытаний было принято решение о строительстве серийных кораблей на платформе «Сокола» как более простой и эксплуатационно надежной. Однако сравнительные испытания выявили недостаток крыльевой схемы «Сокола». При больших скоростях хода происходил прорыв воздуха на кормовое крыло, в результате чего корабль получал дифферент на корму, и его гидродинамическое качество падало. Это явление иллюстрируется рис.11, на котором сопоставлено пропульсивное качество кораблей. Если при скоростях, меньших 55 уз, пропульсивное качество «Сокола» и «Урагана» практически одинаково, то при больших скоростях качество «Сокола» заметно ниже. При разработке серийных кораблей по рекомендациям института были изменена конфигурация стоек и увеличена площадь кормового крыла, установлены дополнительные шайбы, что привело к устранению этого недостатка.

В этот же период ЦКБ по СПК вело проектирование катера, который должен был заменить СПК пр.125. Все предыдущие мореходные корабли этого ЦКБ имели традиционную компоновочную схему «тандем» (два сплошных крыла, несущих примерно равные весовые нагрузки). Однако невысокая мореходность судов, создаваемых на базе такой схемы (начало 4 баллов) явилась причиной развития в ЦКБ по СПК работ по поиску новой компоновки. В результате была предложена ори-

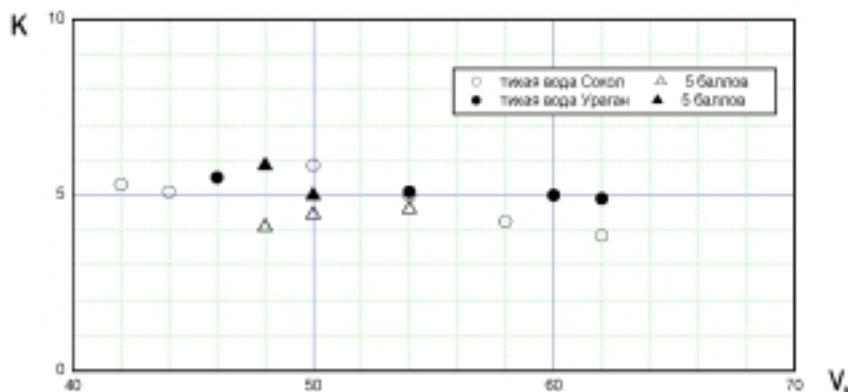


Рис.11. Сопоставление пропульсивных СПК «Сокол» и «Ураган»

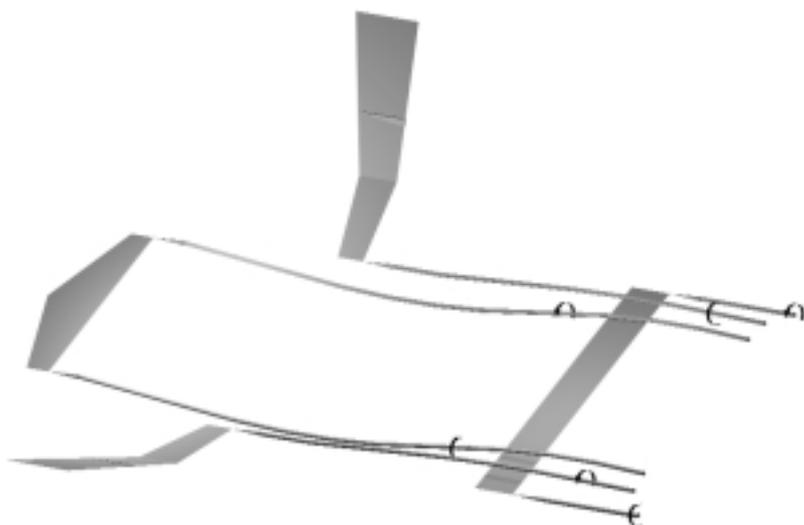


Рис.12. Схема несущей системы пограничного катера «Антарес» (крылья и торцевые свободные вихри)

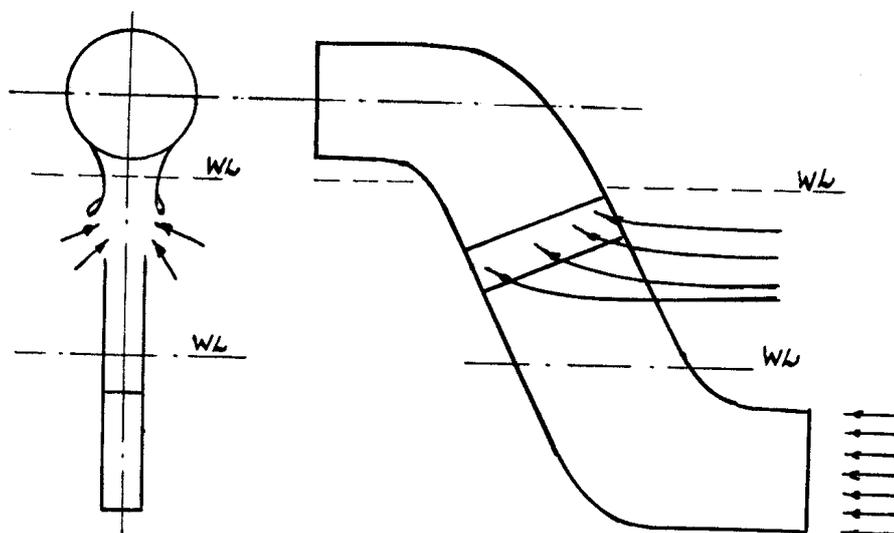


Рис.13. Схема двухрежимного водозаборника



Рис. 14. Компоновочная схема СПК второго поколения (самоходная модель)



Рис. 15. Модель СПК второго поколения на испытаниях

гинальная «четырёхточечная схема» (рис.12), включающая носовое и кормовое погруженные сплошные крылья (две точки) и среднее разделное крыло, состоящее из двух разнесённых по ширине и пересекающих поверхность воды элементов (еще две точки). На основе этой крыльевой системы был спроектирован и построен морской пограничный катер «Антарес» с расчетной скоростью 60 уз и мореходностью, определяемой высотой волны  $h_{в.3\%} = 3$  м. В качестве движителей использовались гребные винты на наклонных валах, пересекающих свободную поверхность воды.

Отметим, что разработка этой крыльевой системы так же, как и системы «Сокола», проводилась с учетом возможности использования благоприятного взаимодействия крыльев. Как следует из рис.12, элементы среднего

крыла здесь располагаются в зонах положительных вихревых скосов от носового крыла, а кормовое крыло в аналогичных зонах от элементов среднего крыла. Отрицательные вихревые скосы на кормовом крыле от носового частично компенсируются за счет волнообразования, развивающегося за расположенными впереди крыльями и приводящего к появлению положительных волновых скосов в месте расположения кормового крыла.

Институт принимал активное участие в доработке исходного варианта этого СПК. На основании материалов модельных испытаний и исследований в его лабораториях были уточнены кавитационные характеристики крыльев, откорректированы их площади и конфигурации несущих плоскостей. Было также установлено, что вследствие большого наклона гребных валов, не-

обходимого для обеспечения достаточного клиренса судна, по ним должен прорываться атмосферный воздух в область расположения винтов. Натурные испытания полностью подтвердили этот результат, обусловивший непригодность первоначального варианта винтов с плавно обтекаемыми лопастями для создания необходимой тяги. Поэтому в итоге были установлены разработанные институтом (Ю.М. Садовниковым) гребные винты с интерцепторами на задних кромках лопастей. Этот вариант винтов и обеспечил для КПК «Антарес» достижение проектной скорости 60 уз.

Испытания и опыт эксплуатации кораблей «Сокол» и «Ураган» выявили недостаточную надежность угловых передач мощности. В связи с этим институт предпринял работы по созданию водометных движителей для СПК. Основные трудности при проектировании подобных движителей связаны с преодолением «горба» сопротивления, особенно при движении судна на волнении. Если выбирать параметры водозаборника, исходя из «горба сопротивления», то его сечение оказывается избыточным для полного хода, что ведет к снижению пропульсивных характеристик комплекса. Для решения этой проблемы М.А. Мавлюдов предложил так называемые двухрежимные водозаборники, схема которых приведена на рис.13. Идея водозаборника заключается в том, что в процессе разгона забор воды происходит через два отверстия, а когда судно и верхнее водозаборное отверстие выходят из воды, - только через основное отверстие, сечение которого выбрано из условия полного хода. При этом водозаборник проектируется таким образом, чтобы давление внутри него в районе вспомогательного забора было равно атмосферному. Водомет такого типа был успешно испытан на катере «Невка». Поэтому, когда по результатам сравнительных испытаний кораблей «Сокол» и «Ураган» было принято решение о проектировании корабля на подводных крыльях второго поколения, на нем в качестве движителя предусматривался подобный водомет. При проектировании этого корабля был учтен опыт испытаний кораблей «Ураган» и «Сокол» и зарубежный опыт проектирования кораблей типа «Пегас». Работы были доведены до стадии технического проекта, и была построена самоходная модель, которая успешно прошла испытания. Компоновочная схема этого корабля приведена на рис. 14, а на рис. 15 показана модель в процессе испытаний. К сожалению, финансовые трудности не позволили реализовать этот проект.

Хотя в настоящее время СПК не проектируются, накопленный ЦКБ и институтом опыт позволит создать эффективный СПК, когда будет принято решение о его строительстве. ■

**В** судостроительной практике встречается не так много примеров отрицательного суждения об эксплуатационных характеристиках судна, связанных с управляемостью и работой рулевого устройства. Наверное, первым примером, ставшим в какой-то мере классическим, является случай с броненосцем «Александр III», описанный академиком А.Н. Крыловым [1]. Корабль на переднем ходу входил в самопроизвольную циркуляцию, вывести из которой его с помощью переключков руля не удавалось.

Уже в середине XX в. Р.Я. Першицем [2] было определено, что критический угол переключки руля броненосца составлял  $17^\circ$ . А в связи с тем, что руль корабля, «по моде» того времени, располагался между гребными винтами, то при переключке руля на борт, противоположный направлению циркуляции, угол его атаки превышал  $20\text{--}25^\circ$ , при котором на плоском руле броненосца наступал срыв потока. Академик Крылов «вылечил» корабль, который, используя современную терминологию, обладал недопустимо большой степенью неустойчивости прямолинейного движения. Для обеспечения устойчивости на корабле был заделан большой вырез, имевшийся в дейдвуде.

Еще более редкими являются случаи плохой работы рулевого устройства из-за недостаточной мощности рулевой машины.

Подобные просчеты не характерны для современного судостроения, поскольку, как правило, при проектировании судна экспериментально определяются его характеристики управляемости, а также гидродинамические характеристики руля (последние являются основой для выбора рулевой машины). В случае необходимости улучшения характеристик как управляемости, так и руля производится корректировка проекта.

Улучшение характеристик управляемости устойчивости и поворотливости возможно двумя путями [3]:

- изменением обводов корпуса (улучшение устойчивости броненосца «Александр III» производилось именно этим путем);
- заменой органов управления на органы управления повышенной эффективности по сравнению с традиционными.

Более предпочтительным является второй способ, поскольку в этом случае можно одновременно улучшить и устойчивость, и поворотливость судна, в то время как в первом варианте, улучшая одно из свойств, ухудшается другое.

В настоящей статье описываются результаты работ, выполненных в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова с целью улучшения эксплуатационных характеристик прогулочного судна на пр. 722.

Опыт эксплуатации прогулочного судна показал, что оно плохо слушается руля в диапазоне углов переключки  $\pm 10^\circ$ . Если учесть, что судно в основном эксплуатируется на внутренних морских путях, то движение в узкостях (шлюзах) или по криволинейной траектории связано не просто со сложностями в управлении, а представляет определенную опасность.

Кроме того, у команды судна имелись претензии к работе рулевого устройства при движении на полных скоростях переднего хода и всех скоростях заднего хода. Это связано с тем, что на переднем ходу для обеспечения переключки руля на угол, больший  $20^\circ$ , к штурвалу нужно было прикладывать чрезвычайно большие усилия. Что касается заднего хода, то в этом случае для уменьшения угла переключки руля и его переключки на другой борт прихо-

# ПРИМЕНЕНИЕ РУЛЯ НЕТРАДИЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЯЕМОСТИ ПРОГУЛОЧНОГО СУДНА

**А.И. Немзер**, канд. техн. наук,  
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

**В.В. Сергеев**, канд. техн. наук,  
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»,

**А.В. Юрканский**, ФГУП «ЦКБ «МТ «Рубин»

дилось останавливать судно или существенно снижать скорость хода, поскольку максимального усилия, прикладываемого к штурвалу, оказывалось недостаточным.

Эти обстоятельства позволили предположить, что прогулочное судно обладает существенной степенью неустойчивости прямолинейного движения, а на баллере руля возникает момент, превышающий крутящий момент рулевого привода.

Прогулочное судно имеет длину  $L=25$  м и водоизмещение ок. 130 т, движительно-рулевой комплекс судна состоит из двух гребных винтов и руля, расположенного в ДП (кормовая оконечность судна показана на фотографии, рис.1).

Для количественного определения характеристик управляемости судна в акватории Финского залива были проведены натурные испытания. Испытания выполнялись по специальной программе при непосредственном участии авторов статьи.

Результаты натурных испытаний судна (приведены на рис.2) в виде диаграммы управляемости – зависимости относительной кривизны траектории при установившейся циркуляции  $\varpi = L/R$  (где  $R$  – радиус установившейся циркуляции) от угла переключки руля  $\delta$ , показывают, что судно обладает существенной степенью неустойчивости прямолинейного движения. Зона критических углов, суммарная по обоим бортам, составляет  $\Sigma \delta_{кр} \approx 10^\circ$  (критический угол, осредненный по бортам  $\delta_{кр} = 5^\circ$ ).

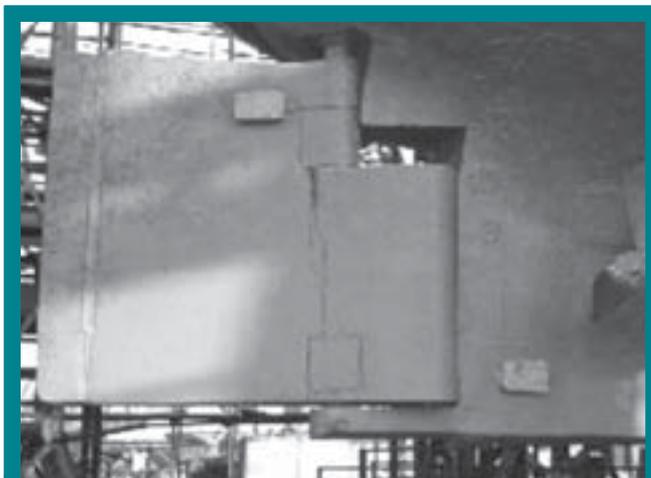


Рис.1. Кормовая оконечность судна

Полученные результаты в полной мере объясняют возникшие у команды сложности в управлении судном. Наличие столь большой зоны критических углов перекадки руля предопределяет необходимость непрерывных кладок руля на значительные углы для обеспечения прямолинейного движения и существенно усложняет управление судном на малых ходах.

Ликвидировать большую степень неустойчивости судна без существенных переделок его корпуса эффективно можно лишь на основе результатов модельных испытаний. Последние проводились в маневренно-мореходном бассейне ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова с использованием самоходной радиоуправляемой модели.

В данном случае, учитывая сжатые сроки, был принят нестандартный способ проведения работ. Модель судна пр. 722 не изготавливалась, а вместо этого была использована имеющаяся модель с аналогичным типом движительно-рулевого комплекса и близким соотношением главных размерений. При этом главное внимание было уделено моделированию взаимного расположения руля и гребных винтов. Учитывая отсутствие полного геометрического подобия между моделью и натурой, испытания начались с того, что модель с помощью различных конструктивных мероприятий трансформировалась таким образом, чтобы ее характеристики управляемости соответствовали натурным испытаниям. Испытания, проведенные по методикам, принятым в институте, обеспечили совпадение результатов натурных и модельных испытаний, которые были приняты в качестве исходных.

Работы по улучшению устойчивости прямолинейного движения прогулочного судна проводились в двух направлениях: за счет использования стабилизаторов, расположенных побортно в кормовой оконечности, при сохранении исходного варианта руля и за счет изменения конструкции руля с целью повышения его эффективности без использования каких-либо дополнительных конструктивных изменений корпуса.

Были проведены испытания с двумя вариантами стабилизаторов, расположенных в батоксных сечениях, отстоящих от ДП на 1,5 м. Относительная площадь указанных стабилизаторов (площадь в долях от погруженной части ДП) составила ~5% и ~7,7%. Результаты этих испытаний, приведенные на рис.3 (в силу симметрии характеристик управляемости по бортам на этом рисунке и далее диаграмма управляемости построена на один борт), показывают существенное влияние стабилизаторов на характеристики управляемости судна и, в особенности, на устойчивость прямолинейного движения.

Так, для варианта стабилизаторов с относительной площадью 5% критический угол перекадки руля не превышает 1°, а при использовании стабилизаторов с относительной площадью 7,7% судно становится устойчивым. При этом проявляется тенденция к ухудшению поворотливости судна.

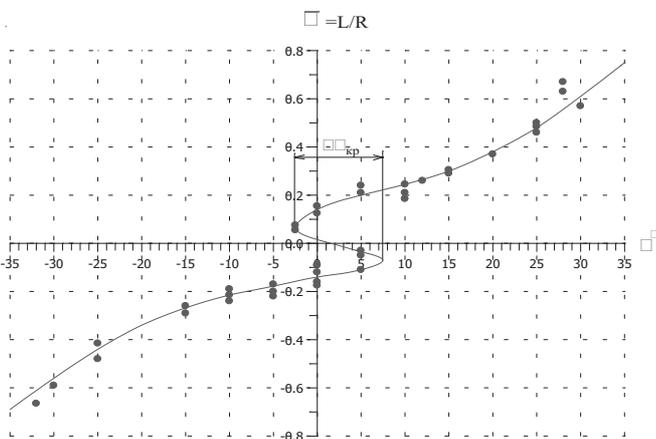


Рис.2. Диаграмма управляемости судна, полученная по результатам натурных испытаний

По просьбе заказчика работы увеличить эффективность руля выполнялись при условии, что основная существующая конструкция руля будет сохранена. В связи с этим указанные работы проводились без использования существующих высокоэффективных органов управления [4, 5]. Были рассмотрены наиболее простые способы увеличения эффективности руля при максимально возможном сохранении пера руля и его расположении относительно корпуса судна.

В итоге работы велись в двух направлениях: во-первых, путем установки шайб по торцам руля и, во-вторых, за счет придания кормовой кромки руля формы, так называемого, «ласточкина хвоста».

«Ласточкин хвост» представляет собой профиль, хвостовая часть которого имеет расширение в виде неподвижных симметрично переложённых в каждую сторону закрылков.

Испытания показали, что использование только шайб улучшает поворотливость судна, однако оказывается недостаточным для существенного улучшения устойчивости прямолинейного движения.

Использование «ласточкина хвоста» с большим углом раствора ( $-70^\circ$ ) без шайб оказывается весьма эффективным как для обеспечения устойчивости, так и для улучшения поворотливости. Однако столь большой угол раствора приведет к существенному росту сопротивления движению и уменьшению максимальной скорости хода судна, поэтому в дальнейшем этот вариант руля не рассматривался. Использование руля с углом раствора «ласточкиного хвоста»  $40^\circ$  без шайб, так же как использование только шайб на исходном профиле, недостаточно эффективно повлияло на устойчивость судна. Следствие этого было признано целесообразным для увеличения эффективности руля использовать как шайбы, так и профиль «ласточкин хвост», ограничив при этом угол раствора. Окончательный вариант руля показан на рис.4.

Сопоставляя рассмотренные варианты улучшения устойчивости судна: с помощью стабилизаторов и путем увеличения эффективности руля (рис.5, 6), было принято целесообразным рекомендовать Заказчику второй вариант.

Это связано с тем, что за счет повышения эффективности руля, одновременно достигается улучшение как устойчивости, так и поворотливости. В то время как использование стабилизаторов в той или иной степени (в зависимости от площади стабилизаторов) может ухудшить поворотливость судна.

Кроме того, учитывалось, что установка стабилизаторов на уже построенном судне технологически более сложная операция, чем изменение профиля руля. Рекомендация об изменении конструкции существующего руля путем установки шайб по его торцам и придании хвостовой части формы «ласточкина хвоста» была реализована на судне.

Натурные испытания, проведенные после установки измененного руля, подтвердили выводы, сделанные по дан-

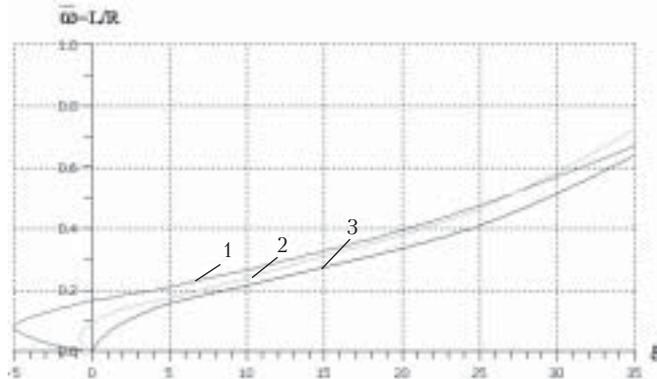


Рис.3. Диаграммы управляемости судна с исходным вариантом руля (модельные испытания)  
1 – без стабилизаторов; 2 – стабилизаторы с относительной площадью 5%; 3 – стабилизаторы с относительной площадью 7,7%.

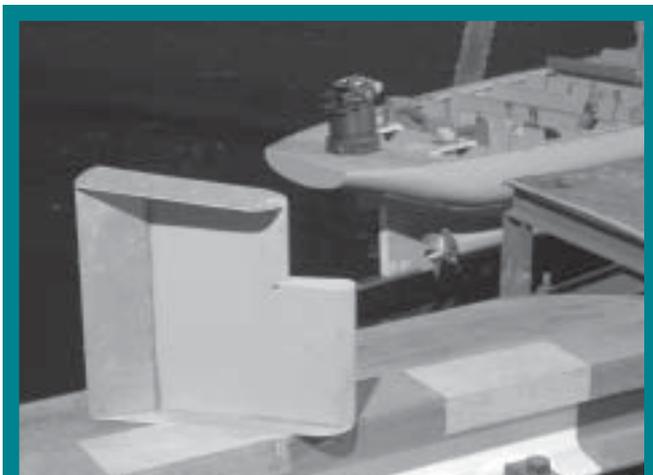


Рис.4. Окончательный вариант руля

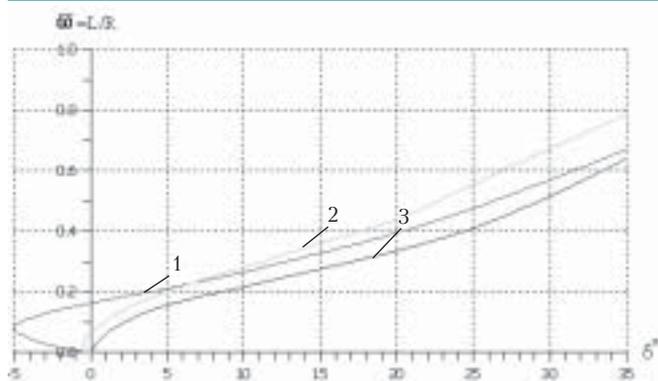


Рис.5. Диаграммы управляемости судна с различными вариантами рулевых устройств (модельные испытания)

1 – исходный руль; 2 – исходный руль, корпус со стабилизаторами относительной площадью 7,7%; 3 – руль с шайбами и ласточкиным хвостом.

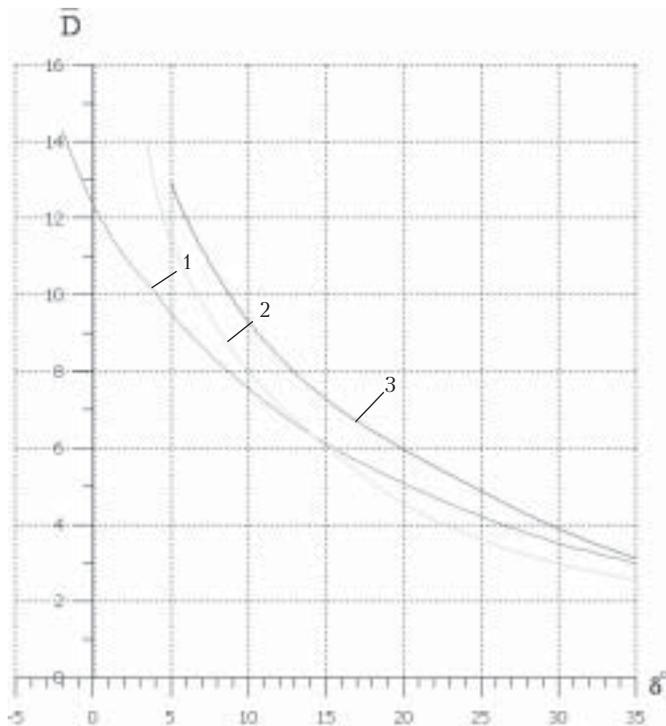


Рис.6. Зависимость относительного диаметра установившейся циркуляции от угла перекадки руля (модельные испытания)

1 – исходный руль; 2 – руль с шайбами и «ласточкиным хвостом»; 3 – исходный руль, корпус со стабилизаторами относительной площадью 7,7%.

ным модельных испытаний, главный из которых состоит в том, что использование рекомендованного варианта руля кардинально меняет характеристики управляемости прогулочного судна пр.722. Имея существенную степень неустойчивости с исходным вариантом руля, судно стало практически устойчивым с рекомендованным рулем, и при этом сохранило хорошую поворотливость (рис.7). Минимальный диаметр установившейся циркуляции по результатам натурных испытаний составил 2,7 длины корпуса.

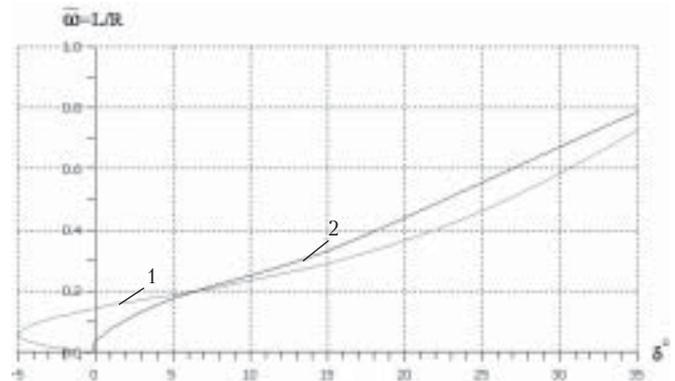


Рис.7. Диаграммы управляемости судна, полученные по результатам натурных испытаний

1 – исходный вариант руля; 2 – измененный вариант руля.

Одновременно с рассмотрением вопросов управляемости прогулочного судна были проанализированы причины неудовлетворительной работы рулевого устройства. Первоначально выполненные расчеты гидродинамических характеристик руля, а затем проведенные модельные испытания подтвердили предварительно сделанное предположение о том, что на баллере руля возникает момент, превышающий крутящий момент рулевой машины: на судне была установлена рулевая машина с крутящим моментом ок. 6 кНм, в то время как только гидродинамический момент на баллере первоначально установленного руля на переднем ходу составил по результатам модельных испытаний 10 кНм.

Модельные испытания по определению ГДХ рекомендованного руля позволили выбрать новую рулевую машину с учетом реально действующих на руль нагрузок. В процессе проведения натурных испытаний судна специальных измерений, связанных с работой рулевой машины, не производилось. Однако по оценкам членов команды можно сделать вывод, что рулевая машина выбрана с достаточным запасом и к ее работе нет нареканий.

Случай, описанный в статье, является еще одним примером, подтверждающим, что пренебрежение вопросами управляемости и работы рулевого устройства приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик судна и необходимости исправлять допущенные просчеты на уже построенном судне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов А.Н. Мои воспоминания. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945.
2. Першиц Р.Я. Новый метод расчета поворотливости надводных кораблей. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 1953. – Вып.70.
3. Инютина Т.Н., Немзер А.И., Юрканский А.В. Эффективный способ улучшения устойчивости прямолинейного движения. – Тез. 5-й Международ. конфер. по судостроению в рамках выставки «Нева-99», СПб., 1999.
4. Лебедева М.П., Маковский А.Г., Немзер А.И., Николаев Е.П., Юрканский А.В. Новые органы обеспечения управляемости судов. – Тр. Международ. конфер., посвященной 85-ти летию профессора А.М. Басина. СПб., 1995.
5. Гофман А.Д. Двигательно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справ. – Л.: Судостроение, 1988. ■

**А** для решения ряда задач, возникающих при проектировании гребных винтов, требуется знание их характеристик при различных вариантах оформления выходящей кромки лопастей. В частности, это нужно при рассмотрении способов борьбы с «пением» гребных винтов. Хотя, как утверждается в «Справочнике по теории корабля», эта задача была решена в 50-е гг., однако и сейчас иногда возникает необходимость рассмотрения данного вопроса. Так, относительно недавно на одном из проектов был зафиксирован повышенный шум на частоте порядка 800 Гц. Таким образом, определение как стационарных, так и нестационарных характеристик гребных винтов с различными вариантами оформления выходящей кромки представляется актуальной задачей.

Такая информация может быть получена в результате соответствующих экспериментальных исследований. Однако процесс этот достаточно трудоемкий и длительный. В то же время расчетное получение характеристик гребных винтов с использованием методов, позволяющих проводить необходимые исследования, хотя и возможно, но затруднено из-за недостаточности мощностей имеющейся вычислительной техники и отсутствия соответствующего опыта. В качестве первого приближения можно использовать расчетную информацию, полученную для случая обтекания плоских профилей. В настоящей работе расчет обтекания плоских профилей выполнен с использованием пакета STAR-CD. В нем реализовано решение уравнений Рейнольдса. Для моделирования турбулентности использовалась нелинейная высокорейнольдсовая  $k-\epsilon$  модель турбулентности (в терминах пакета – квадратичная  $k-\epsilon$  модель).

## УСЛОВИЯ РАСЧЕТА

Для исследования влияния толщины выходящей кромки на характеристики профиля использован профиль типа «ИК-80» с относительной толщиной 4 % и относительной кривизной 2,1 %. Для натурального профиля длиной 1,165 м толщина среза задней кромки составляла 8 мм. Модификация профиля заключалась в уменьшении толщины выходящей кромки профиля до 4 и 2 мм. Кроме того, были рассмотрены два варианта с нулевой толщиной задней кромки: с заостренной и закругленной. Во всех вариантах входящая кромка профиля рассматривалась как закругленная. На рис.1 показан район выходящей кромки.

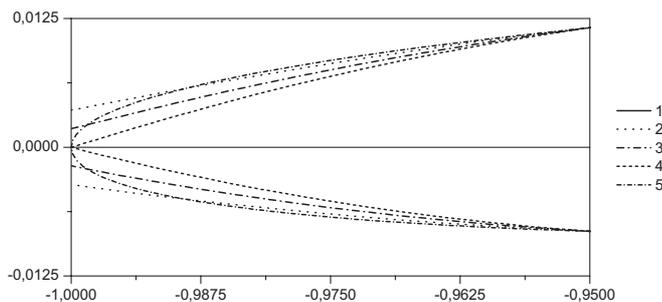


Рис.1. Оформление выходящей кромки  
 1 –  $\delta_c = 8$  мм, 2 –  $\delta_c = 4$  мм, 3 –  $\delta_c = 2$  мм, 4 –  $\delta_c = 0$  мм (острая), 5 –  $\delta_c = 0$  мм (закругленная)

# ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ ПРОФИЛЕЙ ПРИ ВАРИАЦИИ ФОРМЫ ВЫХОДЯЩЕЙ КРОМКИ

**Ф.И. Габерцеттель, Д.М. Денисихина,  
М.П. Лобачев, канд. техн. наук,  
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова»**

Расчеты выполнялись для натурального профиля с длиной хорды  $L = 1,165$  м, обтекаемого со скоростью  $V = 25$  м/с. Число Рейнольдса для натурального профиля  $Re = 2,447 \cdot 10^7$ . В модельных условиях при масштабе 1:16  $Re = 7,30 \cdot 10^5$ . Расчеты выполнялись для двух характерных углов атаки  $\alpha = 0^\circ$  и  $\alpha = 3^\circ$ .

Расчетная сетка строилась комбинированной – структурированной в непосредственной близости от профиля и неструктурированной далее. В направлении по нормали к профилю структурированная сетка строилась с коэффициентом расширения 1,2. Размер структурированной зоны и число ячеек в ней (восемь) по нормали к профилю выбирались таким образом, чтобы к ее границе ячейки сетки по возможности были близки к размерам ячеек неструктурированной сетки. Минимальный размер ячеек неструктурированной сетки принимался порядка  $5,8 \cdot 10^{-4}$  хорды профиля. Этот размер выдерживался в районе профиля, далее он значительно увеличивался. В окрестности передней критической точки размеры ячеек как структурированной, так и неструктурированной сеток по обоим координатным направлениям были близкими. Выбор такого размера и формы ячеек обеих сеток в этом районе обеспечивал корректный расчет сопротивления давления. Размер ячейки структурированной сетки в нормальном к поверхности профиля направлении обеспечивал получение  $y^+ = 20 - 100$  практически по всей поверхности профиля. Общее число ячеек сетки составило порядка 50 тысяч. Вдоль поверхности профиля располагалось по 1719 ячеек с каждой стороны. На срезе задней кромки размещалось 20 ячеек, что совместно с локальным сгущением неструктурированной сетки в следе позволило адекватно описывать вихревые структуры, образующиеся при срыве потока с кромки. На рис.2 показана общая структура сетки вокруг профиля, а на рис.3,а и 3,б более крупно выделены зоны вблизи передней и задней кромок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Рассчитывались коэффициент сопротивления и коэффициент подъемной силы профиля, по ним также определялся коэффициент качества в виде отношения подъемной силы к сопротивлению. В табл.1–3 представлены соответствующие величины, отнесенные к характери-

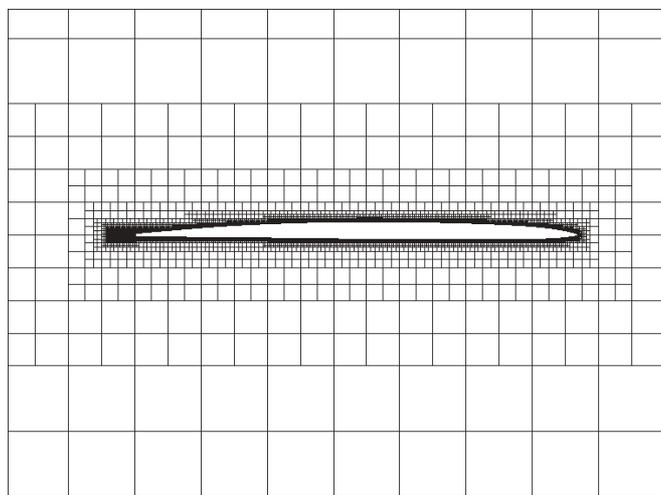
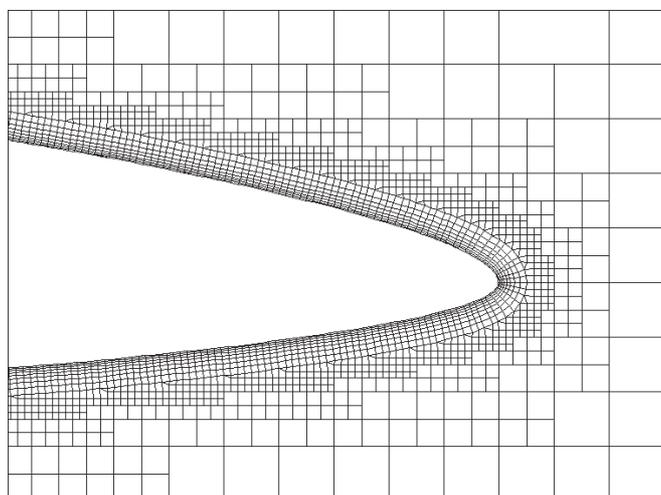


Рис.2. Структура сетки вокруг профиля

Изменение коэффициента сопротивления  $C_x$ 

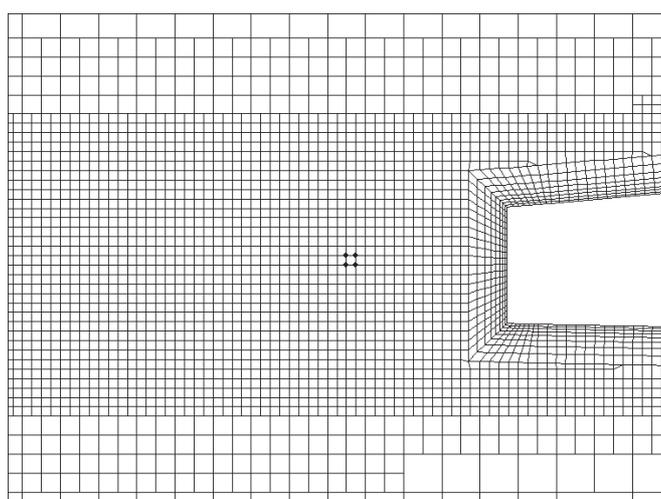
№	Вариант	Модель, $\alpha=0^\circ$	Натура, $\alpha=0^\circ$	Модель, $\alpha=3^\circ$	Натура, $\alpha=3^\circ$
1	100% $\delta_c$	1,0219	1,1955	1,0388	1,1347
2	50% $\delta_c$	1,0064	1,0301	1,0212	1,0569
3	25% $\delta_c$	1,0027	1,0083	1,0060	1,0004
4	0% $\delta_c$ , острая кромка	1	1	1	1
5	0% $\delta_c$ , скругленная кромка	1,000	1,0012	0,9996	0,9719

Таблица 2

Изменение коэффициента подъемной силы  $C_y$ 

а)

№	Вариант	Модель, $\alpha=0^\circ$	Натура, $\alpha=0^\circ$	Модель, $\alpha=3^\circ$	Натура, $\alpha=3^\circ$
1	100% $\delta_c$	1,0978	1,0840	1,0733	1,0819
2	50% $\delta_c$	1,0512	1,0765	1,0326	1,0542
3	25% $\delta_c$	1,0335	1,0277	1,0168	1,0355
4	0% $\delta_c$ , острая кромка	1	1	1	1
5	0% $\delta_c$ , скругленная кромка	1,0410	1,0399	1,0258	1,0260



б)

Таблица 3

Изменение качества  $K = C_y/C_x$ 

№	Вариант	Модель, $\alpha=0^\circ$	Натура, $\alpha=0^\circ$	Модель, $\alpha=3^\circ$	Натура, $\alpha=3^\circ$
1	100% $\delta_c$	1,0743	0,9068	1,0332	0,9534
2	50% $\delta_c$	1,0445	1,0450	1,0112	0,9975
3	25% $\delta_c$	1,0307	1,0193	1,0108	1,0350
4	0% $\delta_c$ , острая кромка	1	1	1	1
5	0% $\delta_c$ , скругленная кромка	1,0410	1,0387	1,0262	1,0556

Рис.3. Структура сетки в районе кромок профиля: а – входящая кромка; б – выходящая кромка

кам профиля с острой задней кромкой. Так как нас интересует именно сравнение разных вариантов профиля, такое представление результатов показалось нам более предпочтительным.

Обращают на себя внимание несколько особенностей представленных данных.

Во-первых, это резкий (нелинейный) рост сопротивления для наиболее толстой задней кромки. Если для профилей с толщиной задней кромки 2 и 4 мм увеличение сопротивления в модельных условиях происходит на 0,3 и 0,6 %, то для толщины 8 мм – скачок до 2 %. В натуральных условиях соответствующие величины составляют 0,8; 3,0; 19,5 %. Интересно, что профиль с закругленной задней кромкой по сопротивлению почти не проигрывает, а при наличии угла атаки даже немного выигрывает по сравнению с профилем, имеющим острую заднюю кромку.

Во-вторых, это, как и следовало ожидать, менее выраженное изменение характеристик профилей при наличии угла атаки, что обусловлено существенно большей ролью в данном случае давления по сравнению с трением. При этом определяющим является именно распределение давления по всей поверхности профиля. То изменение давления, что реализуется на самом кончике профиля, оказывается малым по сравнению с давлением по всему профилю. В то же время по сравнению с трением и давлением при нулевом угле атаки эти изменения оказывались существенными.

В-третьих, значительный масштабный эффект характеристик при переходе от одного варианта оформления задней кромки к другому. Собственно масштабный эффект оказывается также значительным.

В-четвертых, это разные результаты для профилей в модельных и натуральных условиях. В модельных условиях все профили показывают лучшие результаты, чем профиль с острой задней кромкой за счет увеличения коэффициента подъемной силы. Однако в натуральных условиях это не так. При нулевом угле атаки профиль с самой толстой задней кромкой в модельных условиях показывает выигрыш по качеству 7 %, а в натуральных – проигрыш – 10 %. Для остальных профилей выигрыш сохраняется. Однако при увеличении угла атаки и профиль с толщиной задней кромки 4 мм показывает хотя и очень небольшой, но все же проигрыш вместо выигрыша.

Как показал анализ интегральных характеристик профилей, их изменение при различных вариантах оформления выходящей кромки оказывается весьма значительным. Подобное изменение может сказаться на характеристиках винта в целом и привести к уходу от расчетного режима, так что учет подобного изменения при проектировании винта представляется необходимым.

Следует отметить, что представленные здесь результаты расчетов получены для сокращения времени счета при использовании стационарного варианта расчета. Для данной задачи интегральные характеристики оказываются практически одинаковыми, как при стационарном счете, так и при осреднении результатов нестационарного расчета.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЛОКАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЧЕНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Для более детального определения характеристик вихревых систем, сходящих с задней кромки профиля при натурном обтекании, был выполнен расчеты в нестационарной постановке. Результаты расчета для наиболее толстой задней кромки приведены на рис.4.

Здесь представлены распределения завихренности по пространству для случаев крайнего положения вихревых систем. Профиль – с максимально толстой выходящей кромкой. Хорошо видны вихри, попеременно сходящие

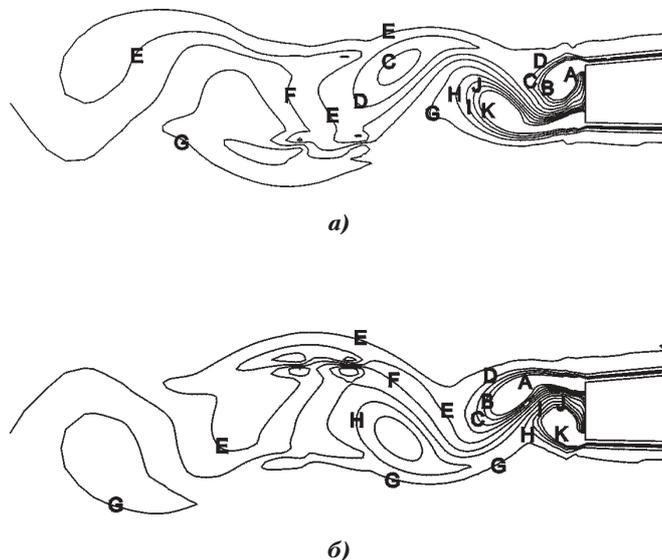


Рис.4. Распределение завихренности за выходящей кромкой в различные моменты времени.

A – 5; B – 4; C – 3; D – 2; E – 1; F – 0; G – -1; H – -2; I – -3; J – -4; K – -5 (1/с)

с верхней и нижней угловых точек (см. рис.4,а и б). Примерно такая же картина наблюдается и на профилиях со срезом задней кромки в 2 и 4 мм, только размер вихревых структур соответственно уменьшается. Для профилей с нулевой толщиной задней кромки картина обтекания стационарна. Причем это относится как к профилю с острой кромкой, который обтекается без отрыва потока, так и к профилю с затупленной задней кромкой, который обтекается с отрывом потока. Последний результат оказался

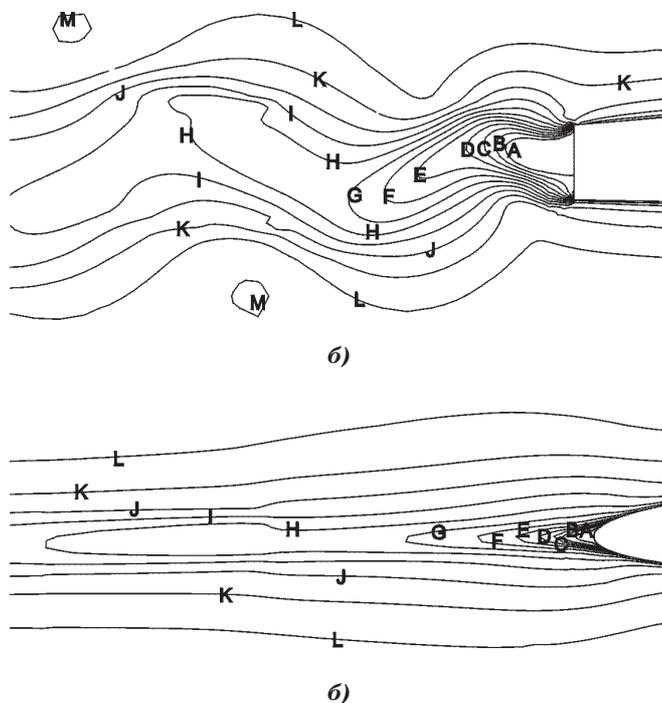


Рис.5. Изолинии продольной компоненты скорости в районе выходящей кромки: а – толщина входящей кромки 8 мм; б – скругленная выходящая кромка.

A – 0; B – 2,05; C – 4,10; D – 6,15; E – 8,20; F – 10,25; G – 12,30; H – 14,35; I – 16,40; J – 18,45; K – 20,50; L – 22,55; M – 24,60; N – 26,65 (м/с)

несколько неожиданным. Наблюдается отчетливо выраженная отрывная картина обтекания, но отрыв стационарен. Изолинии продольной компоненты скорости в районе задней кромки для нестационарного (в один из моментов времени) и стационарного обтекания представлены на рис.5.

Различие в характере обтекания очевидно. Вихревые системы в отрывной зоне профиля с закругленной кромкой получаются довольно мелкими. Поэтому было даже высказано соображение, что сетка недостаточно подробна, и именно это послужило причиной их стабилизации. Сетка была дополнительно значительно раздроблена, шаг интегрирования по времени также уменьшался. Однако результат от этого не изменился.

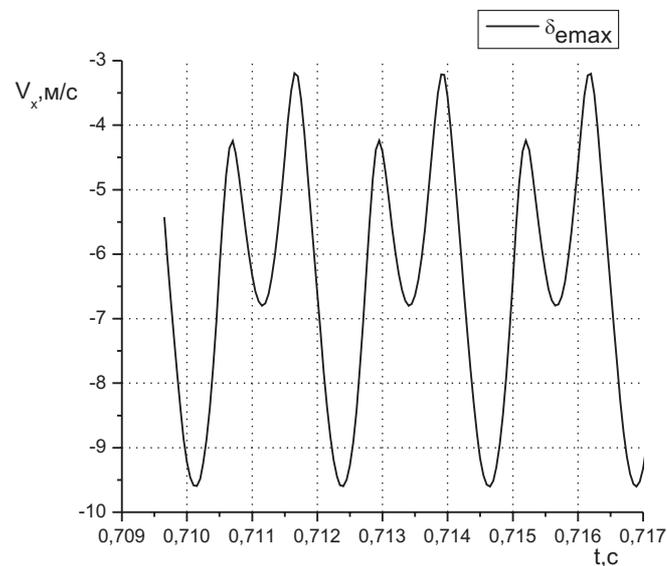
Таким образом, можно констатировать, что профиль с закругленной задней кромкой обтекается хотя и с отрывом на задней кромке, но стационарно.

На рис.6 представлены зависимости от времени продольной скорости в точке, расположенной на продолжении хорды профиля на расстоянии 14,8 мм от среза выходящей кромки. Хорошо видно, что с уменьшением толщины среза выходящей кромки амплитуда колебаний падает, а частота колебаний растет. Кроме того, видно, что структура вихревой системы достаточно сложная. Это отражается в том, что форма колебаний далека от синусоидальной. Проследивается многомодовость колебаний. Надо сказать, что в поле поперечных скоростей подобная многомодовость отсутствует. Данное различие обусловлено тем, что периодические изменения продольного градиента давления достаточно сильно отыгрываются в продольной скорости, но, естественно, не затрагивают поперечную скорость.

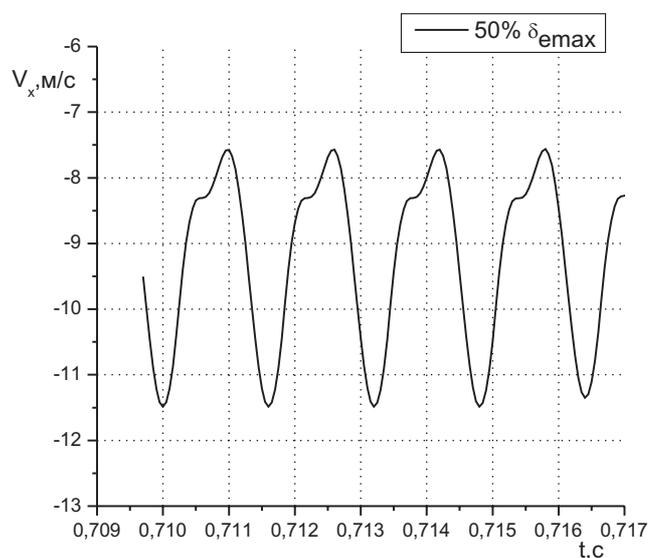
Зависимости поперечной скорости от времени для этой же точки и тех же вариантов профиля представлены на рис.7. Здесь также хорошо видно уменьшение амплитуды и увеличение частоты колебаний (соответствующие частоты  $F$  приведены на том же рисунке).

С использованием пакета MSC/NASTRAN был выполнен расчет собственных частот и форм собственных колебаний лопасти гребного винта, который брался за основу при выполнении данной работы. Сетка, на которой производился расчет, содержала 35 640 сплошных трехмерных шестигранных конечных элементов, построенных на 48 556 уз. Граничное условие принималось в виде жесткого закрепления узлов на корневом сечении лопасти. Надо отметить, что расчет собственных частот в программе выполняется без учета присоединенных масс, т.е. по сути дела в воздухе или в вакууме, а не в воде. Однако можно воспользоваться тем обстоятельством, что по имеющимся экспериментальным материалам в воде собственные частоты для соответствующих форм колебаний уменьшаются примерно вдвое [1]. В качестве примера на рис.8 показана форма собственных колебаний лопасти гребного винта с толщиной выходящей кромки 8 мм на частоте 854,98 Гц. Контурные диаграммы построены по величинам полных перемещений узлов сетки конечных элементов. С учетом сказанного выше об изменении частоты собственных колебаний в воде в два раза – 427,5 Гц. Данная частота собственных колебаний оказывается достаточно близкой к частоте вынуждающей силы – 444,4 Гц.

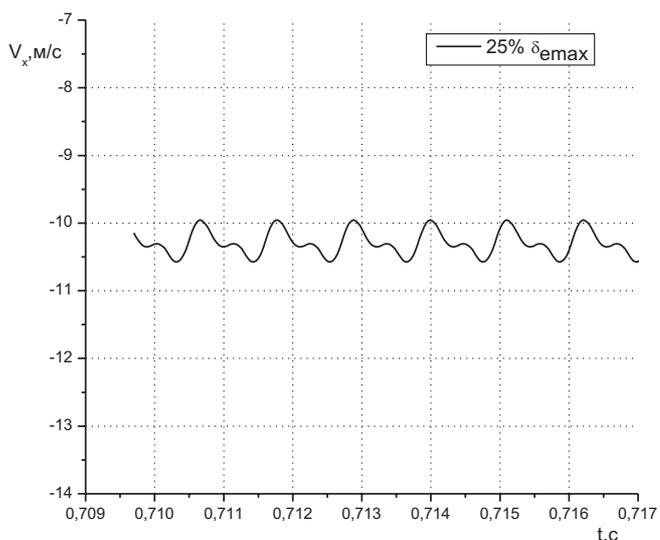
Как видим, полученные в результате расчета частоты как раз соответствуют формам колебаний, в которые оказывается вовлеченной именно задняя кромка. Надо сказать, что эти колебания носят довольно локальный характер. Собственно иного и нельзя было ожидать. Шум ведь достаточно высокочастотный. Как уже отмечалось выше, на одном из проектов наблюдалась частота в районе 800 Гц. Естественно, поскольку винт на судне был иной, прямое сопоставление невозможно. Но это и не



а)

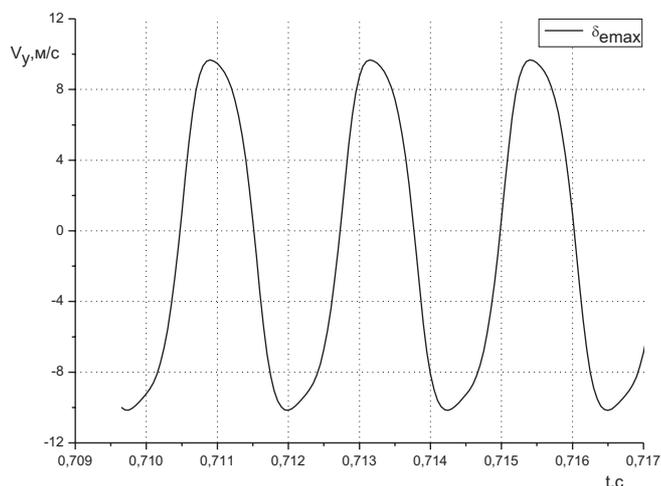


б)

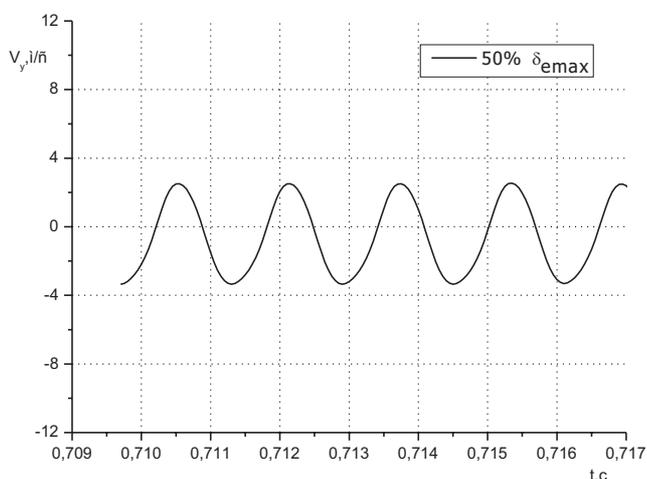


в)

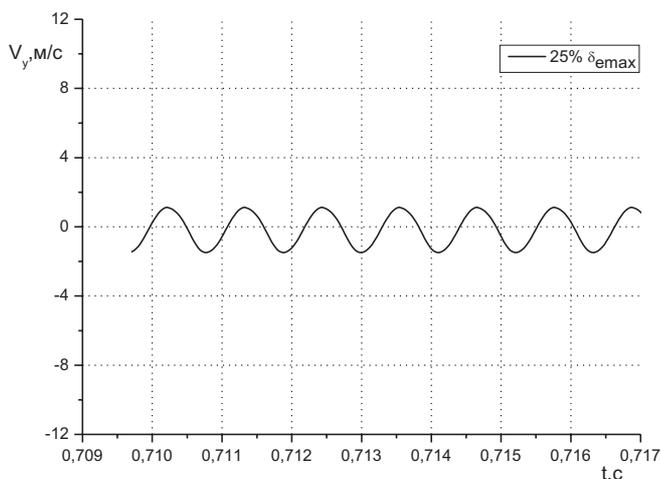
Рис.6. Зависимость продольной скорости от времени в точке на расстоянии 14,8 мм от среза выходящей кромки: а –  $\delta_e = 8$  мм; б –  $\delta_e = 4$  мм; в –  $\delta_e = 2$  мм.



а)



б)



в)

Рис. 7. Зависимость продольной скорости от времени в точке на расстоянии 14,8 мм от среза выходящей кромки: а -  $\delta_c = 8$  мм,  $F = 444,4$  Гц; б -  $\delta_c = 4$  мм,  $F = 625$  Гц; в -  $\delta_c = 2$  мм,  $F = 901$  Гц

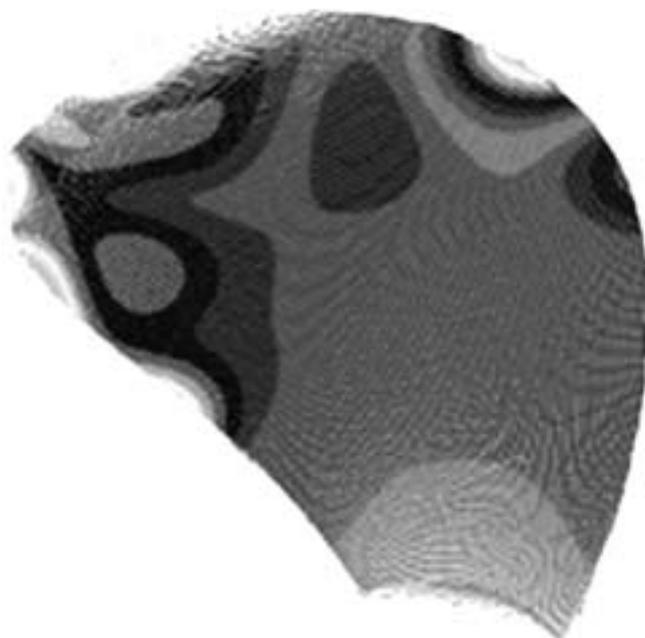


Рис. 8. Одна из форм собственных колебаний лопасти с толщиной выходящей кромки 8 мм

ставилось целью данной работы. Главным было выяснение принципиальной возможности выполнения подобных расчетов и получение данных о характере вихревых структур при различных вариантах оформления выходящей кромки профиля.

Безусловно, для более точного анализа требуется выполнить расчеты обтекания не отдельного профиля, а винта в целом. Однако, учитывая локальный характер колебаний, что видно из рис.8, можно ограничиться расчетами профилей. Только выполнять этот расчет следует для профилей на соответствующих радиусах. Кроме того, в первую очередь следует уточнить расчет собственных частот с учетом присоединенных масс. Тогда можно будет корректнее проводить сопоставление частот вынуждающей силы с частотой собственных колебаний в воде.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют оценить необходимую корректировку геометрии гребного винта для сохранения расчетного режима в зависимости от величины затупления выходящей кромки лопасти, провести анализ вихревых структур и сопоставить их частотные характеристики с собственными частотами лопастей и т.д. Весьма существенно то, что становится реальным выполнение расчетов при натуральных числах Рейнольдса. В этом случае возможны как оценка масштабного эффекта характеристик профилей, так и определение частот нестационарных вихревых процессов непосредственно для натуральных условий. Подобные расчеты могут проводиться для любых видов профилей, а в дальнейшем и винтов при уточнении их гидродинамических характеристик при различных вариантах оформления выходящей кромки, что свидетельствует о перспективности использованного в работе пакета для решения прикладных задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бискуп Б.А. и др. Прочность гребных винтов. - Л.: Судостроение, 1973, 164 с. ■

**В**едущие российские компании активно ведут освоение нефтяных и газовых месторождений, однако сокращение имеющихся на суше запасов углеводородов вынуждает нефтегазодобывающие компании активнее переходить к освоению морских месторождений нефти и газа [1,2], обустройство которых требует применения необычной по архитектуре, размерам и массам океанотехники. Так, при использовании на месторождениях континентального шельфа стационарных буровых платформ (СБП) их опорные конструкции практичнее доставлять к месту постановки на транспортно-спусковых баржах, а разгрузку проводить методом неуправляемого продольного сброса. Но операция сброса в этом случае требует тщательного планирования и подготовки для обеспечения мер безопасности и сохранения целостности конструкции блока.

Для успешного выполнения этой операции необходимо еще на стадии проектирования провести расчеты по определению как внешних сил и кинематических параметров, так и внутренних напряжений в конструктивных элементах блока, которые будут иметь место при сбросе. Это особенно важно для момента раскрытия поворотных аппарелей баржи и дальнейшего скольжения блока по ним [3,4].

Цель данной работы – выявить наиболее значимые факторы, влияющие как на величину внешних сил и кинематических характеристик, так и на величину внутренних напряжений сбрасываемой конструкции. Поставленная задача реализуется двумя последовательными этапами: определением с помощью программного комплекса «Sbros» внешних для конструкции блока сил от взаимодействия с баржей и с водой при известном весе блока, а также кинематических характеристик и характеристик плавучести и остойчивости блока и баржи при сбросе; конечно-элементным расчетом по программному комплексу «Nastran» и последующим анализом напряженно-деформированного состояния (НДС) решетчатого блока как стержневой конструкции с использованием модели упругого балочного элемента [5] применительно к разным вариантам сброса.

Программа параметрических исследований представлена в табл.1. Расчеты выполнялись для натурных объектов. Транспортно-спусковая баржа имела следующие технические характеристики: длина корпуса – 163 м, ширина – 45 м, высота борта до главной палубы – 12 м. Опорный блок – пирамидальный, восьмистоечный, квадратный в плане, имел высоту 238 м, массу 19 800 т, габариты оснований: верхнего – 49,1×49,1 м и нижнего – 85,2×85,2 м. Сечения трубчатых стоек блока:  $D = 1\,820$  мм и  $\delta = 50$  мм; толщины металла труб других стержней находились в пределах от 45 до 12 мм.

Как видно из табл.1, всего было проведено шесть численных экспериментов по программным комплексам «Sbros» и «Nastran» по три варианта в каждом. Для анализа результатов расчета были построены графики. На рис.1 показаны характерные временные зависимости сил различных категорий, действующих на блок во всех трех вариантах четвертого численного эксперимента.

В первом варианте (а) сброса на блок действуют реакции со стороны баржи  $R_a$  и  $R_b$ , гидростатическая сила поддержания  $F_c$ , силы гидродинамического сопро-

# ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ И НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНОГО БЛОКА ПРИ СБРОСЕ С БАРЖИ

**В.Н. Савинов**, канд. техн. наук, доцент,

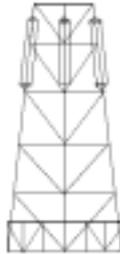
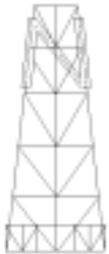
Нижегородский государственный технический университет

тивления в направлении связанных с ним осей ОХ и ОУ и  $R_x$ ,  $R_z$ . Для вариантов б, с перечисленные силы обозначены как  $R1a$ ,  $R1b$ ,  $F1c$ ,  $R1x$ ,  $R1z$  и  $R2a$ ,  $R2b$ ,  $F2c$ ,  $R2x$ ,  $R2z$  соответственно. Графики, представленные на рис.1, показывают степень влияния изменения средней осадки баржи  $T_{cp}$  на величину перечисленных сил и на продолжительность сброса блока. Так, например, видно, что реакции аппарелей баржи  $R2b$  достигают своего максимального значения ( $Rb = 138\,000$  кН) в момент их раскрытия, т.е. когда другая реакция  $R2a = 0$ . В это время часть блока оказывается погруженной в воду. На эту погруженную часть действует сила поддержания  $F2c = 54\,800$  кН, а также силы гидродинамического сопротивления  $R2x$  и  $R2z$ , величина которых мала ( $R2x = 940$  кН,  $R2z = 950$  кН) и в процентном отношении составляет порядка 1,7% от  $F_c$  каждая.

Как показали расчеты (рис.1), уменьшение средней осадки баржи  $T_{cp}$  приводит к увеличению времени  $T$  сброса блока, прошедшего от начала его движения до соскока с аппарели.

На рис.2,а и б показано изменение линейных и угловых ускорений блока, происходящее во время продольного сброса. Как следует из приведенных графиков, их величина до момента соскока мала. Резкое возрастание ускорений наблюдается лишь в момент соскока блока с баржи (рис.2,а и б). На момент раскрытия аппарелей баржи, линейные ускорения блока  $Ax22$  и  $Az22$  равняются 0,69 и 0,21 м/с<sup>2</sup> соответственно (рис.2,а), а его угловое ускорение относительно поперечной оси ОУ составляет 0,49 рад/с<sup>2</sup> (рис.2,б). На рис.3 показано изменение продольного расстояния от нижнего основания блока до центра аппарели, которое характеризует положение блока на последней. Для данного варианта расчета это расстояние равно  $KSI2ap = 71,44$  м. Используя полученные данные расчетов по программному комплексу «Sbros», далее были выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния блока как стержневой конструкции с использованием модели упругого балочного элемента по программному комплексу «Nastran». Результаты расчета рассматриваемого четвертого варианта сброса представлены на рис.4, из которого видно, что величина максимальных напряжений растяжения не превышает

## Программа численных экспериментов для параметрических исследований

№ числ. эксперимента	Варьируемые параметры в численных экспериментах	Начальные условия сброса в экспериментах	Начальные условия сброса в вариантах		
			Вариант а	Вариант б	Вариант с
I	Варьирование скоростей движения баржи	$T_{\text{ср}} = 7,26 \text{ м};$ $F_{\text{тр}} = 0,08;$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ стаблиз. понтоны – тип 1; баржа без доп. плавучестей.	$V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}} = 0 \text{ м/с}$	$V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса	$V_{\text{H}} = 1,4 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса
II	Варьирование коэффициентами трения скольжения стапельных стоек блока о спусковые дорожки баржи	$T_{\text{ср}} = 7,26 \text{ м};$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ стаблиз. понтоны – тип 1; $V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса; баржа без доп. плавучестей	$F_{\text{тр}} = 0,08$	$F_{\text{тр}} = 0,10$	$F_{\text{тр}} = 0,12$
III	Варьирование архитектурой стабилизирующих понтонов	$T_{\text{ср}} = 7,26 \text{ м};$ $F_{\text{тр}} = 0,08;$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ $V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с}; V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса баржа без доп. плавучестей			
IV	Варьирование средней осадки баржи	$F_{\text{тр}} = 0,08;$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ стаблиз. понтоны – тип 3; $V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса; баржа без доп. плавучестей	$T_{\text{ср}} = 7,26 \text{ м};$	$T_{\text{ср}} = 6,5 \text{ м}$	$T_{\text{ср}} = 6,0 \text{ м}$
V	Варьирование объемом дополнительных плавучестей баржи	$F_{\text{тр}} = 0,08;$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ стаблиз. понтоны – тип 3; $V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса.	 баржа без дополнительных плавучестей $V_{\text{доп}} = 0 \text{ м}^3$	 баржа с дополнительными плавучестями $V_{\text{доп}} = 1010 \text{ м}^3$	 баржа с дополнительными плавучестями $V_{\text{доп}} = 1554 \text{ м}^3$
VI	Варьирование количеством принимаемого балласта в носовые балластные отсеки баржи	$F_{\text{тр}} = 0,08;$ $\psi = -2,5^\circ; \xi_2 = 0 \text{ м};$ $V_{\text{BAL}} = 0 \text{ м}^3;$ стаблиз. понтоны – тип 3; $V_{\text{H}} = 0 \text{ м/с};$ $V_{\text{K}}$ определяется процессом сброса	 $V_{\text{бал}} = 0 \text{ м}^3$	 $V_{\text{бал}} = 2000 \text{ м}^3$	 $V_{\text{бал}} = 3000 \text{ м}^3$

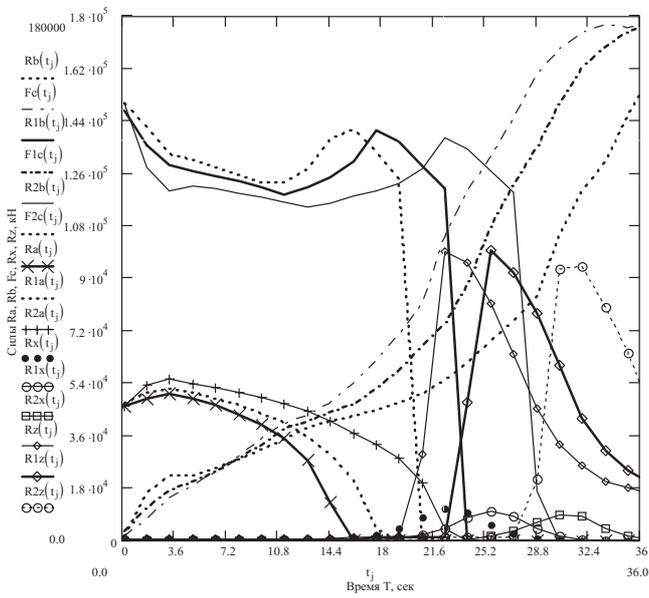


Рис. 1. Изменение различных категорий сил, действующих на блок при сбросе, полученное расчетом в четвертом численном эксперименте

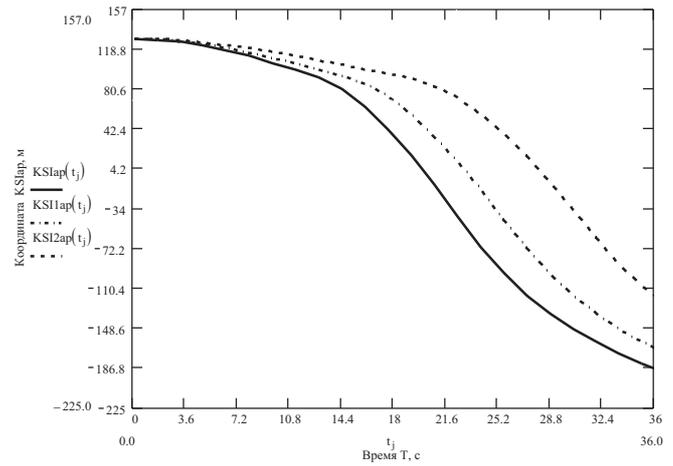
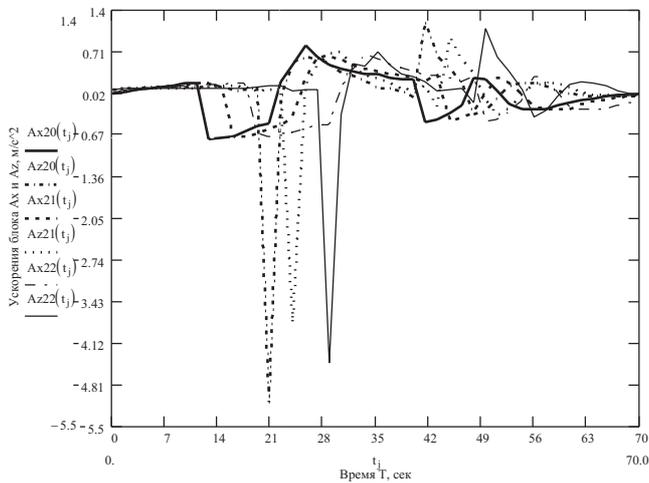
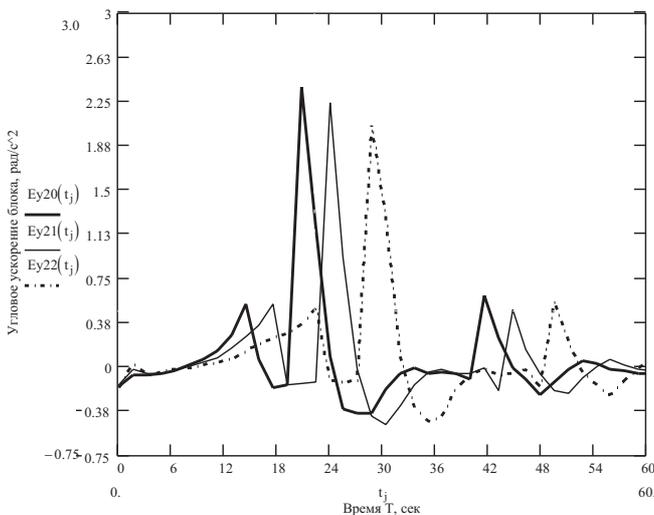


Рис. 3. Изменение продольного положения блока на аппарели при сбросе, полученное расчетом по программе «Sbros»



а)



б)

Рис. 2. Изменение линейных Ax22, Az22 (а) и угловых Ey22 (б) ускорений блока при продольном сбросе, полученное расчетом по программе «Sbros»

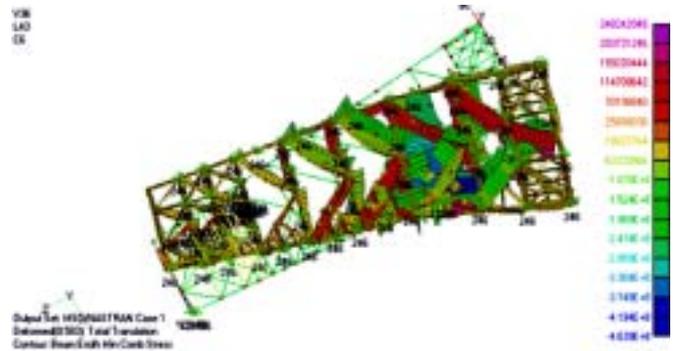


Рис. 4. Общая деформация и распределение напряжений в стержнях блока при сбросе в момент раскрытия аппарелей

$\sigma_{\max} = 250$  МПа, а минимальные напряжения сжатия составляют  $\sigma_{\min} = -464$  МПа.

Подобным образом были последовательно рассчитаны по выше названным программным комплексам «Sbros» и «Nastran» все варианты по всем пунктам программы, представленной в табл.1. Результаты расчетов были обработаны и отображены на графиках рис.5 и 6. Данные графики позволяют судить о зависимости максимальных напряжений растяжения-сжатия в стержнях блока (рис.5) и о его деформациях (рис.6) при принятых вариациях продольного сброса.

В процессе расчетов определено, что максимальные напряжения имеют место в стержнях шпренгельной решетки блока, служащей для разгрузки его ступенчатых стоек во время проведения операции продольного сброса. Как следует из рис.5, величина  $\sigma_{\max}$  от растяжения-сжатия в стержнях блока является весьма чувствительной функцией вариации его продольного сброса. На рис.5, I наименьшее  $\sigma_{\max}$  растяжения-сжатия имеют место в варианте (а) при заякорении баржи, когда ее начальная и конечная скорости движения равны нулю. В этом случае  $\sigma_{\max}$  растяжения составляют 337 МПа, а максимальные напряжения сжатия  $\sigma_{\max} = -430$  МПа. Эти

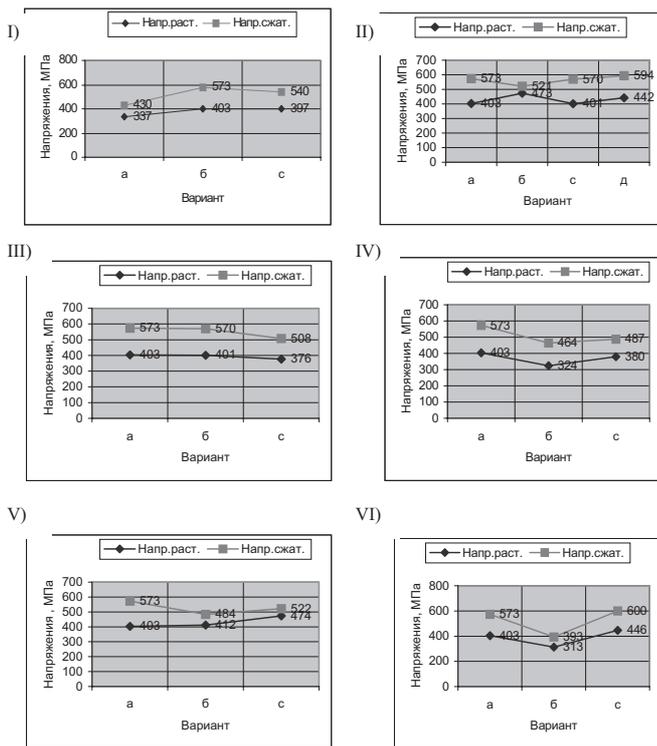


Рис.5. Зависимость максимальных напряжений растяжения и сжатия от варианта продольного сброса, полученная в численных экспериментах

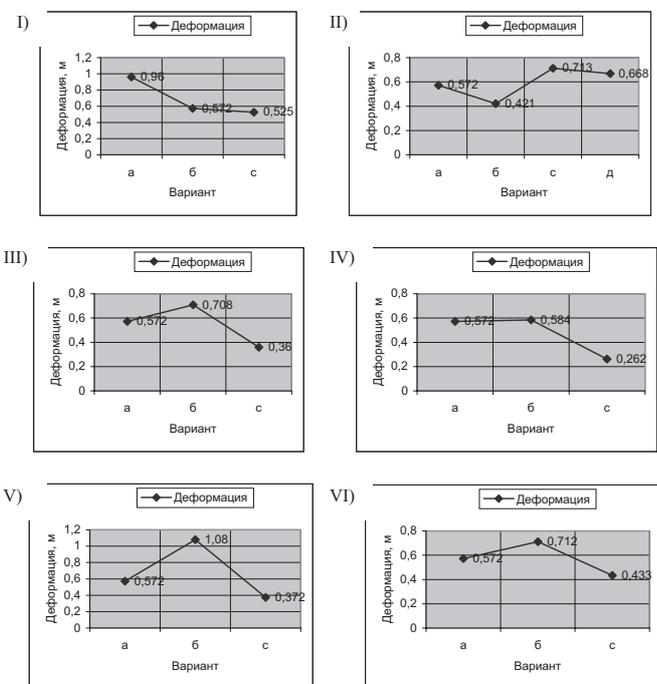


Рис.6. Зависимость величины деформации блока от варианта продольного сброса, полученная в численных экспериментах

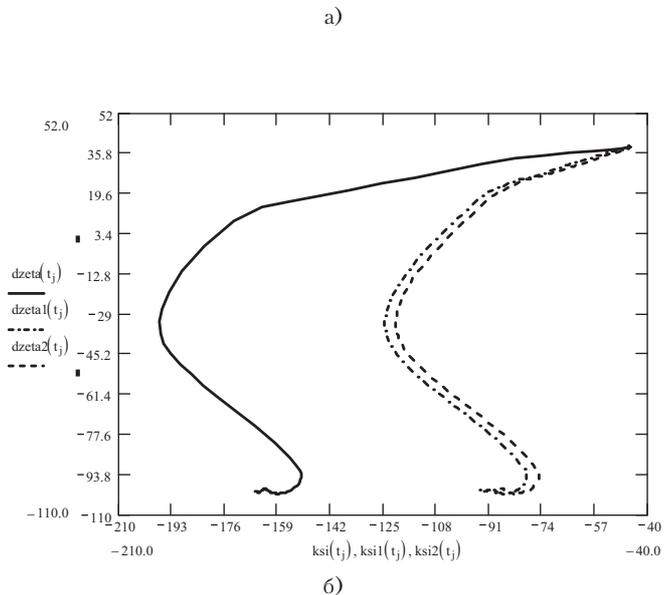
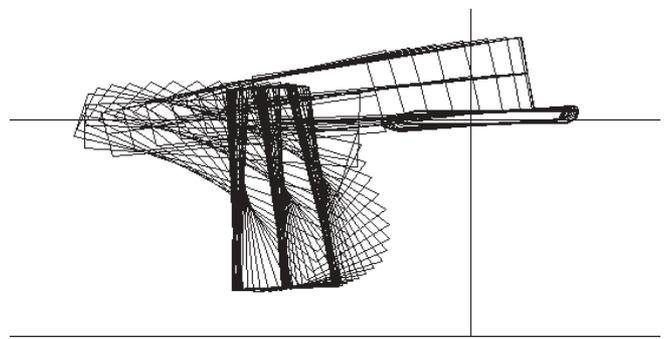


Рис.7. Траектория движения блока при продольном сбросе с баржи, полученная расчетом по программе «Sbros»

напряжения меньше предела прочности  $\sigma_B$  материала стержней шпренгельной решетки, поэтому спуск блока можно считать безопасным для ее целостности. Однако есть еще один существенный фактор, который влияет на безопасность сброса блока. Им является траектория движения блока (рис.7, а и б). Их рассмотрение показывает, что блок после соскока погружается в воду, вращаясь приходит в вертикальное положение и одновременно перемещается в направлении своего начального положения. Такой характер движения блока после соскока с баржи неопасен, когда последняя имеет возможность совершать свободный выбег, но может оказаться критическим, если она закорена. Эта опасность возрастает при наличии в районе постановки блока течений, волнения и ветра. Варианты б и с первого численного эксперимента имеют более высокие напряжения сжатия ( $\sigma_{\max} = -573$  МПа и  $\sigma_{\max} = -540$  МПа соответственно), что не позволяет их рекомендовать к рассмотрению.

Таким образом, приходим к выводу о нецелесообразности использования описанных вариантов сброса.

На рис.5,II иллюстрируется зависимость  $\sigma_{\max}$  растяжения-сжатия в зависимости от варьируемой величины коэффициента трения скольжения  $F_{тр}$ . Видно, что здесь максимальные напряжения сжатия во всех четырех вариантах (а, б, с, д) превышают величину предела прочности материала труб  $\sigma_B$ . В варианте «б» это превышение составляет 4% от  $\sigma_B$  материала стержней. В других вариантах этого численного эксперимента  $\sigma_{\max}$  составляет более 10% от  $\sigma_B$ . Завершая рассмотрение результатов, представленных на рис.5,II, можно констатировать следующее:

– варьирование коэффициентом трения скольжения  $F_{тр}$  спусковых балок по спусковым дорожкам баржи не

приводит к существенным изменениям  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия;

– сами  $\sigma_{\max}$  в данном случае напряжения сжатия, имеют величину, превышающую предел прочности  $\sigma_B$  материала стержней.

Другой случай численного эксперимента приведен на рис.5,III. Здесь варьирование осуществлялось архитектурой навешенных стабилизирующих понтонов. Как показывают графики, величина  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия заметно уменьшается лишь в третьем варианте, однако  $\sigma_{\max}$  сжатия все равно остаются выше  $\sigma_B$  на 1,5%.

Поскольку N-образный тип стабилизирующих понтонов позволил снизить величину  $\sigma_{\max}$ , то в оставшихся вариациях сброса он и был оставлен на блоке.

Четвертый численный эксперимент предусматривал сброс блока при разных средних осадках баржи  $T_{ср}$ . Его результаты показаны на рис.5,IV, из анализа которого следует, что варианты *b* и *c* дают приемлемые результаты по величине  $\sigma_{\max}$  как растяжения, так и сжатия. Последние на 7,2 и 2,6% меньше  $\sigma_B$  материала стержней соответственно. Если принять во внимание, что сброс блока с баржи – разовая операция и то, что наибольшие напряжения возникают в стержнях именно шпренгельной решетки, которая не несет ответственности за общую прочность блока в дальнейшем при эксплуатации глубоководного сооружения, то, видимо, можно допустить такие варианты сброса без усиления отдельных узлов и элементов конструкции блока.

На следующем рис.5,V приведены результаты численного эксперимента, в котором варьировался объем дополнительных плавучестей, присоединяемых к барже и включающихся в работу только при создании дифферента во время сброса блока (см. табл.1). При водоизмещении баржи 47 425 т, соответствующем ее осадке  $T_{ср} = 7,26$  м, объем навешенных плавучестей составлял от последнего 2,1 и 3,3% соответственно. Как следует из рис 5,V, вариант «*b*» можно признать приемлемым для проведения сброса, ибо здесь  $\sigma_{\max}$  растяжения и сжатия меньше  $\sigma_B$  на 3,2 и 17,6% соответственно. Другие варианты – «*a*» и «*c*» не могут быть рекомендованы без дополнительных изменений конструкции.

Последний численный эксперимент, результаты которого показаны на рис.5,VI, предусматривал в процессе сброса прием некоторого количества балласта в носовые балластные отсеки баржи. Результаты расчета показывают, что существует некоторая оптимальная величина балласта, при которой  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия принимают наименьшие значения, и вариант «*b*» на рис 5,VI это хорошо демонстрирует. Здесь  $\sigma_{\max}$  растяжения составляют 62,6% от  $\sigma_B$ , а  $\sigma_{\max}$  сжатия 78,6% от  $\sigma_B$  от материала труб блока. В вариантах же «*a*» и «*c*»  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия значительно выше.

На рис.6 представлены результаты расчета, определяющие деформацию свисающей с аппарели части блока. Анализ графиков показывает, что при разных вариациях сброса абсолютная величина деформации блока колеблется от 0,262 до 1,08 м и что существует некая зависимость между  $\sigma_{\max}$  в стержнях блока и его деформацией – меньшим  $\sigma_{\max}$  соответствуют большие величины деформаций и, наоборот (рис.5, 6), кроме того, на величину деформаций влияет применяемая вариация сброса.

Результаты проведенных исследований можно сформулировать в виде следующих выводов:

– максимальные напряжения растяжения–сжатия имеют место в стержнях шпренгельной решетки блока;

– вариация сброса приводит к изменению максимальных напряжений растяжения ( $\sigma_{\max} = 337 \div 474$  МПа) и сжатия ( $\sigma_{\max} = -393 \div -600$  МПа), величина которых в

некоторых случаях превышает  $\sigma_B$  материала стержней блока;

– при расчете продольного сброса блока важно знать особенности траектории его движения в воде после соскока с баржи;

– варьирование величиной коэффициента трения скольжения  $f_{мп}$  не выявило существенной зависимости с величиной  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия (рис.5,II);

– архитектура навесных стабилизирующих понтонов, выбранная удачно,

– может привести к значительному снижению  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия (рис.5,III);

– средняя осадка баржи  $T_{ср}$  при сбросе служит эффективным инструментом снижения  $\sigma_{\max}$  растяжения–сжатия в стержнях блока (рис.5,IV);

– снижение  $\sigma_{\max}$  может быть достигнуто установкой в кормовой оконечности баржи дополнительных плавучестей (рис.5,V), но этот способ, представляется мало привлекательным, хотя бы в связи с необходимостью привлечения дополнительных денежных затрат на строительство и монтаж этих плавучестей;

– правильно спланированный и подтвержденный расчетами вариант продольного сброса блока с приемом балласта в отсеки баржи может стать основным при выборе наиболее оптимального решения данного вопроса (рис.5,VI);

– большие габариты и масса блока в зависимости от особенностей вариаций сброса приводят к его заметной деформации, в результате крайние стержни свисающего с аппарелей нижнего основания оказываются смещенными на расстояние от 0,262 до 1,08 м от своего начального положения;

– в отсутствие строго обоснованных норм прочности, применяемых к конструкции при продольном сбросе ее с баржи, будем сравнивать величину  $\sigma_{\max}$  с пределом прочности  $\sigma_B$  материала стержней шпренгельной решетки. Так как, шпренгельная решетка рассчитана на одноразовое нагружение (лишь при сбросе) и в дальнейшем исключается из учета общей эксплуатационной прочности блока, то величина допускаемого напряжения на растяжение–сжатие  $[\sigma_{\text{доп}}]_{сб}$  для стержней шпренгельной решетки, равная  $(0,8 \div 0,9)\sigma_B$ , могла бы быть наиболее приемлемой. Однако для окончательного решения этого вопроса необходимо подтверждение высказанного предположения, данными физического эксперимента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе: Учеб. / Г.В. Симаков, К.Н. Шхинек, В.А. Смелов и др. – Л.: Судостроение. 1989. – С. 328.
2. Доусон Т. Проектирование сооружений морского шельфа / Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1986. – 288 с.
3. Савинов В.Н. Модельные испытания постановки решетчатого блока стационарной буровой платформы с транспортного судна на точку бурения / М.И. Масальский, В.Н. Савинов, А.В.Васильев. Технические средства освоения шельфа: Сб. статей. – НИИ Н.Новгород. – 1991. – С.180–191.
4. Савинов В.Н. Разработка алгоритма процесса спуска пространственного решетчатого опорного блока с транспортно-спусковой баржи. Современные технологии в кораблестроительном образовании, науке и производстве: Мат-лы конф. – Н.Новгород, 2002. – С.571–578.
5. Еришов Н.Ф., Попов А.Н. Прочность судовых конструкций при локальных динамических нагружениях. – Л.: Судостроение, 1989. – 200 с. ■

Рецензент: А.Н. Попов, д-р техн. наук, проф.

Сопоставление технико-экономических характеристик высокоскоростных судов (ВСС) различного водоизмещения показывает, что с его ростом существенно снижаются как капитальные затраты на тонну водоизмещения создаваемого судна, так и расход топлива на перевозку тонны груза на единицу расстояния (милю). Кроме того, с увеличением водоизмещения повышается мореходность судов, появляется возможность их эксплуатации при высокой интенсивности волнения и на протяженных маршрутах. Поэтому, исходя из рыночной конъюнктуры, в странах ЕЭС и других государствах признано актуальным создание крупнотоннажных ВСС для повышения эффективности транспортной системы в целом (включающей помимо морского воздушные, железнодорожные и автомобильные средства транспорта). Так, например, разработчики проекта «Techno-Superliner» исходят из целесообразности улучшения транспортной системы Японии (прежде всего сообщения между крупными островами) за счет создания большого грузового скегового СВП [1]. Создатели проекта европейского грузового ВСС «EHSCV» преследуют цель рационализации перевозок между портами Балтийского и Средиземного морей, а также Северной Атлантики [2]. На такие суда возлагается в первую очередь задача доставки пассажиров, скоропортящихся и быстролетких ценных грузов, высокопроизводительных технологических средств и товаров, способных приносить большую прибыль.

Основными техническими проблемами, стоящими на пути строительства ВСС большого водоизмещения, являются создание надежных корпусов с приемлемыми значениями массы и мощных экономичных энергоустановок с низкими массогабаритными показателями. Создание ВСС с низкой материалоемкостью при достаточном уровне надежности корпусных конструкций связано в первую очередь с решением весьма актуальной задачи рационального выбора материалов и полуфабрикатов. Наиболее актуален поиск решения, судя по зарубежным и отечественным проработкам [2, 3], применительно к однокорпусным ВСС и скеговым судам на воздушной подушке (ССВП) большого водоизмещения (порядка 1000 т и выше). Поэтому дальнейшее изложение вопроса в основном ведется применительно к этим объектам.

ВСС большого водоизмещения, как правило, используются на большой удаленности от берегов. Это обстоятельство предопределяет необходимость учета возможности их эксплуатации в условиях большой интенсивности волнения, исключает возможность уклонения их от встречи с таким волнением, что, в конечном счете, приводит к воздействию интенсивных повторяемых нагрузок на корпусные конструкции. Жесткие требования к массе корпуса, неизбежно принимающей большие значения, обуславливают высокую напряженность корпусных конструкций и стимулируют использование в качестве корпусных материалов легких сплавов с высокими показателями прочности при статических нагрузках (пределами текучести и прочности). Однако сплавы, обладающие высокими пределами текучести, имеют обычно пониженную сопротивляемость усталостным повреждениям (низкие отношения пределов усталости при больших числах циклов нагруже-

# ВОПРОСЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ И ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШИХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ

*Г.Б. Крыжевич, канд. техн. наук,  
ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»*

ния к пределам текучести) и усталостно-хрупким разрушениям, поэтому обеспечение ресурса корпуса становится серьезной проблемой.

В случае применения высокопрочных легких сплавов сложность проблемы состоит в том, что она не может быть решена лишь за счет совершенствования конструктивного оформления узлов и технологии изготовления корпуса. Иногда требуется существенное увеличение массы металлического корпуса с целью снижения напряженности его основных связей. Необходимость такого увеличения диктуется тем, что ресурс корпуса представляет собой важную технико-экономическую характеристику ВСС, определяющую в значительной мере не только готовность судна к выполнению рейса и эксплуатационные расходы на техническое обслуживание и ремонт конструкций, но и при его относительно низком значении обуславливающую через определенный период эксплуатации существенное снижение статической прочности корпуса, вызванное появлением усталостных трещин.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВСС

Из всего разнообразия судостроительных материалов наиболее широко используется при строительстве ВСС малого и среднего водоизмещения алюминий-магний-марганцевый сплав марки 1561. Из него выполнены практически все конструкции судов водоизмещением от 50 до 500 т. Даже при создании самых больших отечественных СПК, СВП и судов-экранопланов наиболее рациональным материалом корпусных конструкций оказался названный сплав. Переход к постройке более крупных судов требует сопоставительного анализа возможности и целесообразности использования более широкого круга материалов.

Эффективность использования каждого конкретного сплава в качестве основного материала корпуса ВСС существенно зависит от его водоизмещения и условий эксплуатации. Так, для малых судов и кораблей общая прочность, как правило, обеспечивается, если выполнены требования к местной прочности и ограничения по минимальным толщинам основных элементов корпуса. Увеличение водоизмещения ведет к более полному использова-

нию механических характеристик материала при обеспечении общей прочности корпуса, что предопределяет некоторое уменьшение относительной (отнесенной к водоизмещению) массы корпуса. При применении в качестве корпусного материала алюминиево-магниевого сплава марки 1561 для судов, эксплуатируемых в достаточно жестких условиях, такое снижение относительной массы происходит при увеличении водоизмещения до 100–200 т. Начиная с таких ориентировочных значений водоизмещения скегового СВП требуется, исходя из условий общей прочности, относительное усиление конструктивных элементов, ведущее к увеличению относительной массы корпуса. Средством борьбы с подобной негативной тенденцией является использование сплавов с высокой удельной прочностью. Так, например, для речных судов малого водоизмещения в качестве корпусного материала может быть применены алюминиево-магниевого сплавы марки АМг-5 и АМг-6. При создании судов водоизмещением порядка 100 т и больше предпочтение уже обычно отдается сплаву марки 1561.

### НОРМЫ ПРОЧНОСТИ И ПОДХОДЫ К КОНСТРУИРОВАНИЮ

Взаимно связанные задачи выбора марки материала, определения запасов прочности и назначения размеров связей могут решаться методами оптимизации. Способы решения таких задач и конкретные результаты изложены в ряде работ [4, 5]. При скрупулезном подходе к оптимизации каждой марки материала, конкретному составу работ, осуществляемых при проектировании корпуса и при эксплуатации судна в обеспечение безопасности и надежности конструкций, будут соответствовать свои оптимальные значения коэффициентов запаса прочности (или допускаемых напряжений) и размеры связей.

В рамках рассматриваемого здесь приближенного подхода задача выбора марки материала решается после назначения запасов прочности с учетом свойств материалов при статическом и переменном нагружении и состава работ на стадии проектирования судна. При нормировании и назначении размеров связей учитывается, что в большинстве практически интересных случаев конструкции из алюминиевых сплавов, обладающие пониженными (по сравнению со сталями) характеристиками сопротивляемости возникновению и развитию трещин, проектируются по принципу безопасного повреждения [5], а в процессе эксплуатации судна выполняются соответствующие организационно-технические мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и надежности конструкций. При этом удовлетворяются требования к предельной и к усталостной прочности, а также к живучести конструкций [5].

Определяющим фактором, влияющим на живучесть и долговечность конструкции на стадии роста трещины является показатель  $\bar{K}_c^2 = (K_c / \sigma_m)^2$ , где  $K_c$  – вязкость разрушения материала;  $\sigma_m$  – предел текучести. По этому показателю сплав 1561, имеющий  $\bar{K}_c^2 \approx 15 \text{ мм}^{1/2}$ , также существенно превосходит другие материалы, применяемые в судостроении, поэтому при его использовании эксплуатационная безопасность судна может быть обеспечена с помощью достаточно простых приемов [5].

При применении высокопрочных материалов возникают и существенные затруднения при обеспечении эксплуатационной безопасности. Для их преодоления необходимо выполнять комплекс расчетно-экспериментальных работ по установлению периодичности осмотров и ремонтов конструкций. Большая частота регламентных осмотров может привести к существенному росту эксплуатационных расходов, снижению готовности судна к совершению рейсов и, в конечном итоге, к отказу от применения таких материалов.

Уровень напряженности связей корпуса, участвующих в его общих деформациях, предопределяется главным образом требованиями к усталостной прочности. Если эти требования заданы в виде конкретного значения ресурса, обеспечиваемого с определенной гарантией, то допускаемые напряжения определяются вполне однозначно (без привлечения методов оптимизации). В частности, допускаемые напряжения, вычисленные с помощью методики, изложенной в [5], могут быть оценены по среднему значению ресурса корпуса  $T$  (рис. 1). Естественно, что допускаемые напряжения зависят как от качества конструктивно-технологического оформления узлов корпуса, характеризуемого эффективным коэффициентом концентрации напряжений, так и от степени достоверности информации об усталостных свойствах узлов и конструкции в целом, выясняемых при установлении влияния технологических факторов на эти свойства путем усталостных испытаний узлов и конструкций.

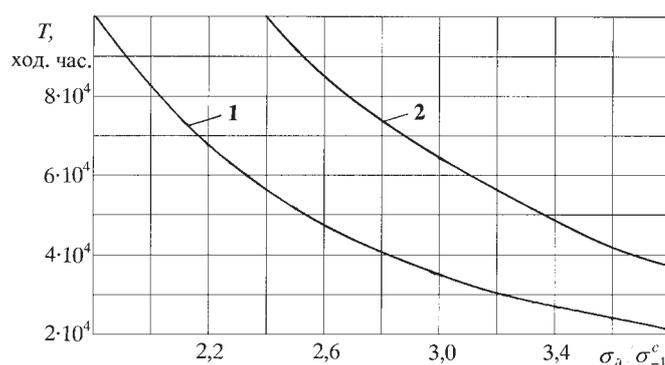


Рис. 1. Зависимость среднего значения ресурса корпуса  $T$  от относительного уровня допускаемых напряжений

1 – при обычном подходе к проектированию конструкций (в соответствии с требованиями классификационных обществ); 2 – при повышенных требованиях к оформлению узлов корпуса и к экспериментальной обработке конструкций.

При создании крупных ВСС по технико-экономическим соображениям выгодно отказаться от традиционных подходов к оформлению узлов корпуса (отраженных, например, в требованиях классификационных обществ) и предпринять экономически целесообразные попытки снизить эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Рациональным является увеличение достоверности информации о работоспособности конструкции, зависящей от множества технологических факторов, в условиях переменного нагружения. Достоверность повышается за счет ресурсных испытаний узлов и конструкций. Благодаря им можно снизить уровень допускаемых напряжений и уменьшить различия между гарантированным и средним значениями ресурса (уменьшить коэффициент запаса по ресурсу). В отечественной практике такие меры (повышенные требования к оформлению узлов корпуса и к экспериментальной обработке конструкций) осуществлялись только при создании экранопланов большого водоизмещения, хотя они рекомендовались ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова (и принесли бы большую пользу в случае их реализации) и для других типов крупных ВСС. Различия в уровне допускаемых напряжений при обеспечении одинакового уровня эксплуатационной надежности корпуса в случаях использования различных подходов к обеспечению ресурса иллюстрируется рис.1. В дальнейшем рассмотрим более рациональный подход к оформлению узлов корпуса и их экспериментальной обработке.

При проектировании большое значение имеет снижение массы корпуса, позволяющее увеличить полезную нагрузку и оказывающее существенное влияние на эффективность ВСС в целом. Поэтому, учитывая, что уровень

напряженности связей корпуса назначается, исходя из требований предельной и усталостной прочности, в качестве основного критерия рациональности применения материала рассматривается масса металлического корпуса. Влияние марки материала на эксплуатационные расходы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом корпусных конструкций, в данном случае ограничено достаточно узкими пределами благодаря тому, что для каждого из рассматриваемых материалов устанавливаются свои технически обоснованные запасы прочности. Детальное изложение проблем назначения таких запасов содержится в работах [4–6].

### МАССА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОРПУСА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ниже приведены результаты сравнительного анализа эффективности использования шести марок материалов (алюминиево-магниевого сплава 1561, 1561Н, 1985чТ, 1980Т1, титанового сплава и низколегированной стали) для строительства крупных ВСС водоизмещением около 5000 т с учетом требований к предельной и к усталостной прочности, а также к живучести конструкций. Наиболее надежным способом оценки массы металлического корпуса является непосредственный весовой расчет его элементов, выполненный после определения размеров связей и выпуска конструктивных чертежей. Однако такой расчет громоздок и при решении исследовательских задач трудно осуществим, поэтому для оценки масс на ранних стадиях проектирования предложен приближенный способ [6]. В соответствии с ним эффективность применения материала оценивается с использованием понятия относительной массы конструкций, под которой в дальнейшем понимается отношение массы конструкции, выполненной из сравниваемого (конкурентоспособного) материала, к массе той же по функциональному назначению конструкции из сплава марки 1561 (эталонного материала).

Масса корпуса вычисляется поштатейно. К отдельным статьям относятся продольные связи, поперечные связи в средней части корабля, перекрытия и отдельные балки корпуса в оконечностях, а также прочие конструкции (короткие рубки и надстройки, платформы, шахты воздухозаборников, выгородки, дымоходы и др.). Первые четыре статьи масс будем в основном относить к связям, размеры которых определяются условиями общей и местной прочности; последнюю статью (прочие конструкции) следует отнести к связям, размеры которых выбирают, исходя из

требований к минимальным толщинам и по другим соображениям.

Зависимость для определения относительной массы металлического корпуса крупного ВСС (водоизмещением не менее 2000 т) может быть на основе подхода, изложенного в [6], представлена в виде

$$\Omega_k = \frac{\rho_2}{\rho_1} \left\{ 0,515(1 - \varphi_{\text{доп}}) \frac{R(\sigma_{\partial 2}^e, \sigma_{\partial 2}^u, \sigma_{m2})}{R(\sigma_{\partial 1}^e, \sigma_{\partial 1}^u, \sigma_{m1})} + \left( \frac{\sigma_{01}}{\sigma_{02}} \right)^{1/2} \left[ 0,515 \varphi_{\text{доп}} \left( \frac{E_1}{E_2} \right)^{1/6} + 0,415 \left( \frac{E_1}{E_2} \right)^{1/8} \right] + 0,07 \right\},$$

где  $\rho_1, \rho_2$  – плотности материалов (индекс 1 относится к эталонному материалу, индекс 2 – к сравниваемому);  $\varphi_{\text{доп}}$  – коэффициент, характеризующий относительную массу поперечных связей в районе миделевого сечения судна (по данным проектных проработок  $\varphi_{\text{доп}} = 0,22 - 0,25$  для однокорпусных судов и  $\varphi_{\text{доп}} = 0,25 - 0,28$  для крупных skeговых СВП);  $\sigma_{\partial i}^e, \sigma_{\partial i}^u$  – допускаемые напряжения от общего изгиба корпуса в крайней верхней и крайней нижней связях эквивалентного бруса;  $E_i$  – модуль нормальной упругости материала;  $\sigma_{0i}$  – опасные напряжения для рассматриваемого материала, определяемые как доля от предела текучести материала, установленная с учетом работоспособности соединений элементов конструкций в составе узлов корпуса [7, 8];  $R(\sigma_{\partial}^e, \sigma_{\partial}^u, \sigma_{mi})$  – параметр, зависящий от длины судна  $L$ , высоты эквивалентного бруса (борта)  $H$  и предела текучести рассматриваемого материала  $\sigma_{mi}$ , и определяемый по формуле

$$R(\sigma_{\partial}^e, \sigma_{\partial}^u, \sigma_{mi}) = \frac{1}{H} \left( \frac{1}{\sigma_{\partial}^e} + \frac{1}{\sigma_{\partial}^u} \right) + \frac{7}{L \sigma_{mi}} \left( \frac{\sigma_{\partial}^u}{\sigma_{\partial}^e} + \frac{\sigma_{\partial}^e}{\sigma_{\partial}^u} \right).$$

Результаты расчетов по этим формулам приведены в табл.1.

Из приведенных данных следует, что, несмотря на относительное снижение сопротивляемости алюминиевых сплавов усталостным повреждениям, использование высокопрочных материалов марок 1985чТ и 1561Н с увеличенными пределами текучести дает существенную экономию массы металлического корпуса по отношению к сплаву 1561, достигающую 14–26%. Применение наиболее технологичного сплава из рассмотренного перечня материалов

Таблица 1

Характеристики материалов и относительные массы корпусных конструкций

Характеристика	Марка алюминиевого сплава				Титановый сплав	Низколегированная сталь
	1561	1561Н	1985чТ	1980Т1		
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	2,7	2,7	2,7	2,7	4,5	7,8
Модуль нормальной упругости $E$ , кгс/см <sup>2</sup>	$0,7 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$
Предел прочности $\sigma_{\partial}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	34	36	42	37	85	67
Предел текучести $\sigma_m$ , кгс/мм <sup>2</sup>	18	25	26	35	60	60
Отношение предела усталости сварного соединения (на базе $10^6$ циклов нагружения) к пределу текучести	0,185	0,185	0,104	0,086	–	–
Характеристика живучести материала $K_c/\sigma_0$	16,7	16,7	15,4	–	–	–
Относительная масса металлического корпуса $\Omega_k$	1	0,86	0,84	0,74	0,77	1,24

– низколегированной стали – приводит к существенному увеличению массы корпуса и поэтому является нерациональным. Использование титанового сплава позволяет снизить массу металлического корпуса примерно на 23% при одновременном обеспечении на самом высоком уровне стойкости конструкций к коррозионно-механическому износу. Однако дефицитность этого материала, его относительно низкие технологические свойства и большая стоимость определяют перспективность строительства ВСС большого водоизмещения из высокопрочных легких сплавов марок 1980Т1 и 1985ЧТ.

В целях повышения работоспособности конструкций из этих сплавов в условиях переменного и разового нагружения целесообразен поиск технологических приемов, направленных на улучшение качества сварных соединений, уменьшение зон термического влияния и технологических дефектов швов, что может привести к некоторому увеличению весового совершенства конструкций.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПАНЕЛЕЙ НОВЫХ ТИПОВ

Отдельно следует отметить перспективность использования новых типов полуфабрикатов для строительства ВСС. Среди них можно выделить тонкостенные сварные гофрированные панели, о высокой эффективности использования которых говорилось в статье [9]. Однако такие панели пока не производятся промышленностью. В настоящее время налажен выпуск полых экструдированных панелей (рис.2) шириной до 790 мм и длиной до 14 м [10]. В нашей стране они изготавливаются пока только из сплавов системы Al-Zn-Mg (материалы марок AD31, AD35 и 1935В) и поставляются после закалки и искусственного старения. К сожалению, применительно к этим сплавам и панелям пока не выполнен комплекс проверочных работ, позволяющий рекомендовать их использование в судостроении. Как показывает опыт подобных проверок, наиболее уязвимыми свойствами являются коррозионная стойкость в морской воде, а также прочность и усталостная долговечность сварных соединений. Сварочные операции заметно разупрочняют эти сплавы (также как и материалы 1980Т1 и 1985ЧТ) в зонах термического влияния. Тем не менее есть основания полагать [10], что, как и другие близкие по химическому составу сплавы этой системы, материалы типа 1935В обладают необходимыми уровнями прочности соединений и коррозионной стойкости.

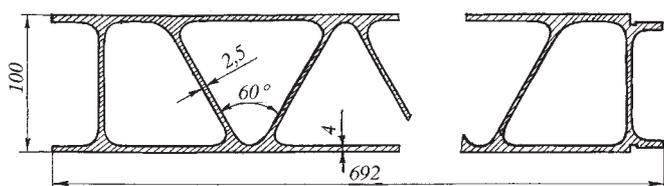


Рис. 2. Образец поперечного сечения панели, производимой ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» (г. Верхняя Салда, Урал)

В табл.2 приведены данные, полученные путем полемного расчета массы металлического корпуса с использованием предположения об относительном снижении прочностных свойств у сплавов марок AD31, AD35 и 1935В, равным наблюдаемому у сплавов 1980Т1 и 1985ЧТ. Эти данные позволяют утверждать, что использование полых панелей из сплавов AD35 и 1935В, изготовляемых методом экструзии, может быть весьма целесообразным.

Эффективность таких панелей при работе в условиях местного нагружения можно проиллюстрировать следующими простыми оценками. Момент инерции листа с толщиной  $h$  и плотностью материала  $\rho$  равен  $h^3/12$ , а масса единицы площади –  $h\rho$ . Если два листа с толщиной  $h/2$  каждый расположить на расстоянии  $H$  и соеди-

### Характеристики материалов и относительные массы корпусных конструкций, выполненных из полых панелей

Характеристика	Марка алюминиевого сплава		
	AD31	AD35	1935B
Предел прочности $\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	20	32	32
Предел текучести $\sigma_m$ , кгс/мм <sup>2</sup>	15	25	22
Относительная масса металлического корпуса $\Omega_k$ (отнесенная к массе корпуса, изготовленного из сплава 1561 по традиционной технологии)	1,04	0,83	0,87

нить гофрированным листом и заполнителем с общей малой плотностью  $\rho_3$ , то при  $H \gg h$  получим момент инерции  $H^2h/4$  и массу  $h\rho + H\rho_3$ . Отсюда следует, что, например, при  $H = 10h$  и  $\rho = 0,2\rho_3$  момент инерции возрастает в 300 раз, а масса – всего в 3 раза. Хотя для большой судовой конструкции эффект от внедрения подобных панелей не столь значителен (как при замене листа на панель) и связан со снижением массы металлического корпуса на 13–17% (см. табл.2), внедрение таких панелей весьма выгодно. Дополнительное уменьшение материалоемкости судна достигается еще и за счет снижения площади поверхностей судна, требующих теплоизоляции. В результате уменьшается расход теплоизоляционных материалов, трудозатраты на теплоизоляционные работы. Благодаря снижению материалоемкости открывается возможность увеличения провозной способности судов и их рентабельности на 5–8%, а также ресурсосбережения при создании судов и других инженерных сооружений.

Снижение материалоемкости – не единственное преимущество применения новых панелей в составе судового корпуса. Основанная на использовании полых панелей новая технология обеспечивает также существенное увеличение производительности труда в судокорпусном производстве, снижение себестоимости изготовления конструкций на 40–50% (по сравнению с традиционными способами) и существенное сокращение производственного цикла их создания при одновременном достижении требуемого качества изготовления конструкций.

Можно ожидать, что при достаточном высоком качестве оформления узлов соединения панелей показатели их долговечности (эффективные коэффициенты концентрации напряжений) будут находиться на том же уровне, что и аналогичные характеристики узлов конструкций, проектируемых по традиционным технологиям. Однако скорость распространения образовавшихся трещин в обычных и новых типах конструкций будет существенно отличаться. Рост трещины, образовавшейся в одной из обшивок в условиях растяжения панели, сдерживается благодаря тому, что гофрированный элемент и вторая обшивка препятствуют раскрытию трещины. Кроме того, гофры представляют собой барьеры на пути распространения трещины. При подходе вершины трещины к такому барьеру скорость ее развития многократно снижается, а после преодоления барьера снова увеличивается.

Выполненные испытания панелей с трещинами дают основания полагать, что средняя скорость роста трещины в ГП будет в десятки раз меньше, чем в обычной конструкции, благодаря чему повышается эксплуатационная безопасность сооружения (за счет увеличения промежутка времени, необходимого для своевременного выявления

трещины). Для конструкций транспортных средств (высокоскоростных судов из легких сплавов, самолетов) может быть существенно повышен регламентный межосмотровый период и снижены эксплуатационные расходы. Таким образом, внедрение разрабатываемых перспективных архитектурно-конструктивных решений может повысить эксплуатационную надежность судовых конструкций ориентировочно в 1,5 раза и не снизит другие эксплуатационные характеристики судов, повысит безопасность мореплавания благодаря снижению риска появления водотечности корпуса при повреждениях из-за наличия многослойности конструкций. Благодаря наличию многослойности конструкций будет снижен риск появления сквозных повреждений конструкций и уменьшена вероятность разлива нефтепродуктов и других вредных жидкостей при авариях, что повысит экологическую безопасность судов.

Использование полых панелей в составе силовых конструкций корпуса открывает возможности существенного повышения комфортабельности судов и других транспортных средств за счет уменьшения шума и вибрации.

Полезное применение такие панели могут найти не только при создании ВСС, но и при проектировании надстроек, рубок, переборок, платформ и других конструкций обычных судов и кораблей различных назначений, а также при строительстве буровых платформ и установок.

## ВЫВОДЫ

1. Практика использования алюминиевых сплавов в судостроении в течение нескольких десятилетий продемонстрировала высокую экономическую эффективность их применения для создания конструкций с высоким уровнем совершенства. Высокой оценки заслуживает сплав марки 1561, успешно использовавшийся при строительстве ВСС водоизмещением до 1000 т. Он может рассматриваться как эталон, обладающий сравнительно хорошим соотношением показателей статической и усталостной прочности. Выработаны меры технического и организационного характера для обеспечения эксплуатационной безопасности конструкций с высоким весом совершенством в самых сложных условиях переменного нагружения. Создан банк технических решений, обеспечивающих сокращение сроков проектирования корпусов судов с требуемым уровнем надежности. Имеются многократно апробированные методы экспериментальной отработки оригинальных технических решений.

2. Алюминиевые сплавы остаются наиболее перспективными материалами для строительства крупных ВСС. Созданные ранее сплавы системы Al-Zn-Mg (например, сплавы марок 1980Т1 и 1985чТ) обладают высокими прочностными свойствами, низким (по сравнению со сплавом 1561) относительным (отнесенным к пределу текучести) пределом усталости и невысокими характеристиками сопротивляемости развитию усталостных повреждений. Поэтому они могут успешно применяться для выполнения более жестких требований к оформлению узлов корпуса (по сравнению с оговоренными в правилах классификационных обществ) и к экспериментальной отработке конструкций. Для реализации такой отработки и для подтверждения эффективности оригинальных технических решений отечественная практика выполнения экспериментальных работ располагает многократно апробированными методами и средствами их осуществления. В целях повышения работоспособности конструкций в условиях переменного и разового нагружения целесообразен поиск технологических приемов, направленных на улучшение качества сварных соединений, уменьшение зон термического влияния и технологических дефектов швов и на этой основе повышение показателей их статической и усталостной прочности.

3. Представляется актуальной работа металлургов по созданию новых коррозионноустойчивых материалов с высокими показателями по относительным пределам усталости ( $\sigma_{-1}/\sigma_{0,2} \approx 0,18$  или выше) и по трещиностойкости ( $K_{IC}/\sigma_m \approx 15 \text{ мм}^{1/2}$  или более), имеющих большие перспективы по применению в при создании ВСС большого водоизмещения.

4. Целесообразно расширение номенклатуры выпускаемых отечественной промышленностью новых типов полых панелей с использованием экструзии. Их использование при строительстве ВСС среднего и большого водоизмещения дает не только снижение материалоемкости и трудоемкости изготовления конструкций, но и возможность улучшить такие функциональные качества конструкций как звуко и вибропоглощение и экологическая безопасность. Реализация таких панелей производства подготовлена теоретическими и экспериментальными работами, выполненными в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Имеющаяся нормативно-техническая документация включает рекомендации по конструированию, расчетам прочности и областям рационального использования панелей. Актуальной является работа по приемке для судостроения новых относительно дешевых материалов (например, сплава 1935В или его близких модификаций), из которых изготавливаются полые экструдированные панели, поскольку область их рационального использования весьма широка (существенно полнее той, которая относится к ВСС).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Techno-Superliner – The Future of Marin Transport. – Technological Res. Association of Techno-Superliner, Tokyo, 1995.
2. *Абрамовский А.В.* Трансокеанские скоростные суда: техническая фантастика или ближайшая перспектива? // Морской вестник. – 2004. – №2 (10).
3. *Абрамовский В.А., Деменов А.Ф., Шляхтенко А.В.* Концепция скоростных пассажирско-автомобильных паромов для морских линий России на Балтике // Морская индустрия. – 1999. – №2.
4. *Крыжевич Г.Б.* Проблемы оптимизации корпусных конструкций судов на воздушной подушке. – Сб. «Вопросы судостроения». – Сер. «Проектирование судов», 1985, вып. 62.
5. *Он же.* Основы расчетов надежности судовых конструкций. Учебное пособие. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 1995.
6. *Он же.* Вопросы рационального выбора материала корпусных конструкций скеговых судов на воздушной подушке. – Сб. «Судостроительная промышленность». – Сер. «Проектирование судов», 1986, вып. 1.
7. *Зиганченко П.П.* Опасные напряжения при расчетах прочности сварных алюминиевых конструкций. – Тр. НТО им. акад. А.Н. Крылова, 1974, вып. 220.
8. *Зиганченко П.П. и др.* Суда на подводных крыльях: конструирование и прочность. – Л.: Судостроение, 1981.
9. *Крыжевич Г.Б., Кутнев А.А.* Применение сварных гофрированных панелей в судостроении // Судостроение. – 2001. – № 1.
10. *Михайлов Е.Д., Сухих А.Ю.* Производство пустотелых панелей и профилей из алюминиевых сплавов для транспорта. – Сб. докл. I Международной конференции «Алюминий в транспорте», Москва, 27-29 апреля 2005 г. ■

Рецензенты: *Е.М. Антолонов, д-р техн. наук,*  
*О.Е. Литонов, д-р техн. наук*

Ледостойкие основания с вертикальными передними гранями часто используются при освоении шельфа замерзающих морей. Ледовая нагрузка на каждую из опор основания рассчитывается с помощью формулы Коржавина или ее модификаций [1-3], а общая нагрузка на сооружение получается их суммированием. Такой подход позволяет в подавляющем большинстве случаев находить глобальную ледовую нагрузку на многоопорные конструкции. Тем не менее опыт эксплуатации подобных платформ и данные модельных испытаний в ледовых опытовых бассейнах показывают, что существуют ситуации, когда описанный выше подход к определению глобальной ледовой нагрузки приводит к неверным результатам. Такие ситуации возникают в том случае, когда имеет место взаимное влияние опор на процесс разрушения ими ледяного покрова.

Способ описания многоопорных сооружений. Многоопорное ледостойкое сооружение можно характеризовать, во-первых, количеством осей симметрии  $n$ , а

# РАСЧЕТ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ ДВИЖУЩИХСЯ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ НА МНОГООПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЕРЕДНЕЙ ГРАНЬЮ

**К.Е. Сазонов**, д-р техн. наук,  
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

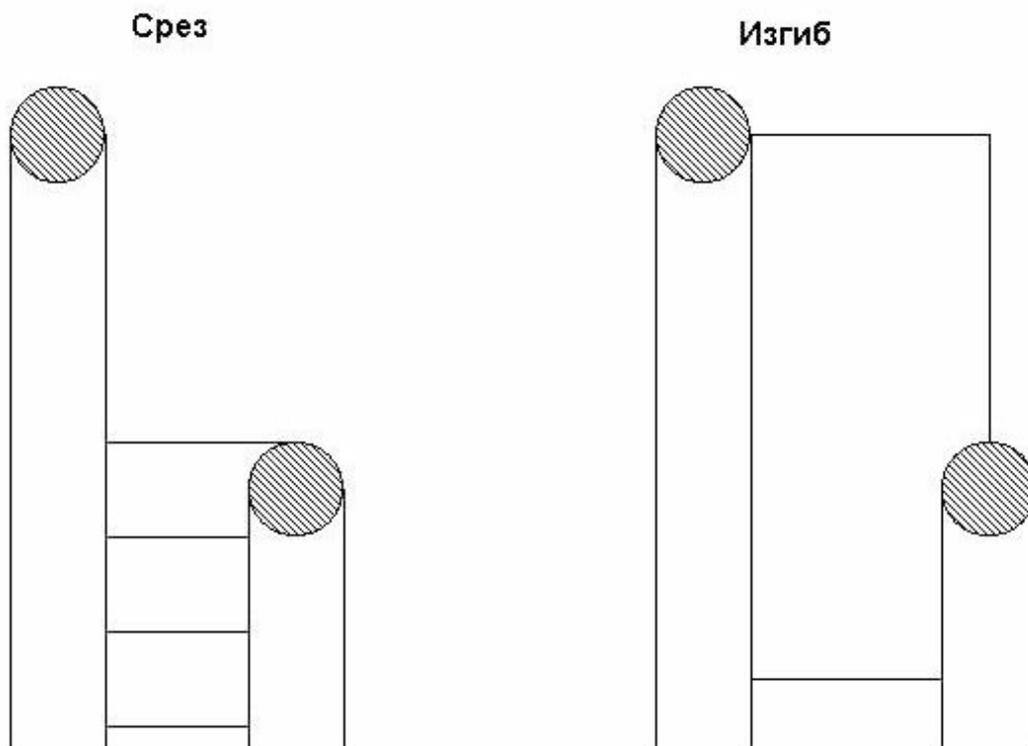


Рис. 1. Различные схемы разрушения ледяного покрова опорами при их взаимодействии

во-вторых, количеством опор  $m$  и их взаимным расположением. Количество осей симметрии определяет величину угла  $\alpha$  направления действия ледовой нагрузки, в пределах которого эта нагрузка изменяется. Дальнейшее увеличение угла  $\alpha$  приводит к циклическому повторению изменения нагрузки. Значения угла  $\alpha$  задается с помощью простого соотношения

$$\alpha = \frac{\pi}{n}. \quad (1)$$

Выберем одну из опор сооружения в качестве начала координат, совместим ось  $Ox$  с одной из осей симметрии и

направим ее в сторону дрейфа льда. Считая систему координат правой, выберем направление оси  $Oy$ . Тогда координаты центров опор могут быть заданы матрицей  $(a_i, b_i)$ , где  $i$  - номер опоры. Опоры нумеруются, начиная с той, с которой связано начало системы координат. Чем ближе рассматриваемая опора к первой, тем меньше ее номер. При изменении направления движения льда в пределах угла  $\alpha$  взаимные расстояния между опорами в системе координат повернутой на угол  $\alpha$  пересчитываются по хорошо известным формулам

$$\begin{aligned} a'_i &= a_i \cos \alpha' - b_i \sin \alpha'; \\ b'_i &= a_i \sin \alpha' + b_i \cos \alpha', \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\alpha'$  - текущее значение угла между осью симметрии сооружения и направлением вектора дрейфа льда.

Возможные сценарии взаимодействия опор с ледяным покровом. Основным сценарием взаимодействия опор с движущимся ледяным полем, который обычно рассматривается, является прорезание поля опорами. Этот сценарий хорошо исследован и является базой для проведения расчетов ледовой нагрузки

на многоопорные сооружения.

При некоторых случаях нагружения могут реализоваться и другие сценарии разрушения ледяного покрова опорами. Эти сценарии реализуются тогда, когда наличие прорези (прорезей) во льду, оставленных другими опорами оказывает влияние на процесс разрушения льда опорой. Можно выделить два основных сценария разрушения льда: разрушение сколом и разрушение изгибом (рис.1). Очевидно, что такие формы разрушения ледяного покрова могут наблюдаться только у опор с цилиндрической или треугольной формой передней грани, т.е. у тех опор, у которых имеется поперечная составляющая ледового усилия.

Разрушение сколом реализуется в том случае, если величина поперечного усилия, возникающего при внедрении опоры в лед, достаточна для скола фрагмента льда в направлении имеющейся во льду прорези. При этом продольный размер фрагмента примерно равен размеру опоры. Перед разрушением льда изгибом впереди внедряемой опоры образуется трещина отрыва, длина которой не превышает расстояния до ближайшей находящейся впереди опоры, прорезающей ледяной покров. Ограничение на длину трещины отрыва возникает из-за действия сжимающих напряжений в окрестности находящейся впереди опоры. Трещина отрыва постепенно увеличивается в размерах до достижения возможной наибольшей длины. Консольная балка, образованная трещиной отрыва и каналом за расположенной впереди опорой, разрушается изгибом под действием

поперечной составляющей ледовой силы.

В соответствии с формулой Коржавина разрушение ледяного покрова сколом или изгибом должно происходить сразу же после внедрения в лед наиболее широкого сечения опоры, так как последующее внедрение не приводит к увеличению ледовой силы. Эксперименты же, выполненные в ледовых бассейнах, показывают, что в некоторых случаях до начала разрушения ледяного покрова опора внедряется в лед на достаточно большое расстояние. Формула Коржавина не объясняет этот эффект. Объяснение получено в работе [4] на основании использования гидродинамической модели внедрения твердого тела в лед. Применение этой модели позволило учесть влияние надводных и подводных нагромождений на величину ледовой силы, действующей на отдельную опору. Результаты расчетов по формуле

$$\Delta = \frac{F_0 - F'}{F'} \cdot 100\% ,$$

где  $F_0, F'$  – величины ледовой силы, вычисленной с учетом и без учета влияния нагромождений соответственно, в зависимости от ширины опоры  $w$  и толщины льда  $h_1$ , показывают (рис.2), что при определенных условиях влияние нагромождений может быть значительным. Анализ данных, приведенных на этом рисунке, позволяет сделать вывод о существенном влиянии нагромождений при взаимодействии с относительно тонким льдом достаточно больших опор, причем это влияние увеличивается при небольших скоростях дрейфа льда.

Таким образом, в тех случаях, когда необходимо учитывать влияние нагромождений на величину ледовой нагрузки наибольшая ледовая нагрузка достигается только при формировании максимально возможного нагромождения. Величина этого нагромождения зависит от геометрических размеров опоры. Глубина внедрения опоры в ледяной покров, на котором происходит формирование максимального нагромождения, может быть определена следующим образом:

$$l = \frac{V_{cr}}{h_1 w (1 - \vartheta)} , \quad (3)$$

где  $V_{cr}$  – критический объем нагромождения;  $h_1$  – толщина льда;  $w$  – ширина опоры;  $\vartheta$  – определяемый из опыта коэффициент, характеризующий долю разрушенного ледяного покрова, идущую на формирование нагромождений.

В первом приближении величина  $V_{cr}$  может быть оценена как объем треугольной пирамиды, являющейся естественным откосом с углом  $\theta$ .

Математические модели для описания ледовых сил. Математической моделью для процесса прорезания является хорошо зарекомендовавшая себя формула Коржавина. Полученные на основе гидродинамической модели в работе [4] расчетные формулы по своей структуре совпадают с формулой Коржавина, но их непосредственное использование затруднено из-за необходимости проведения специальных опытов для нахождения параметров модели, характеризующих свойства льда. В практической расчетной схеме

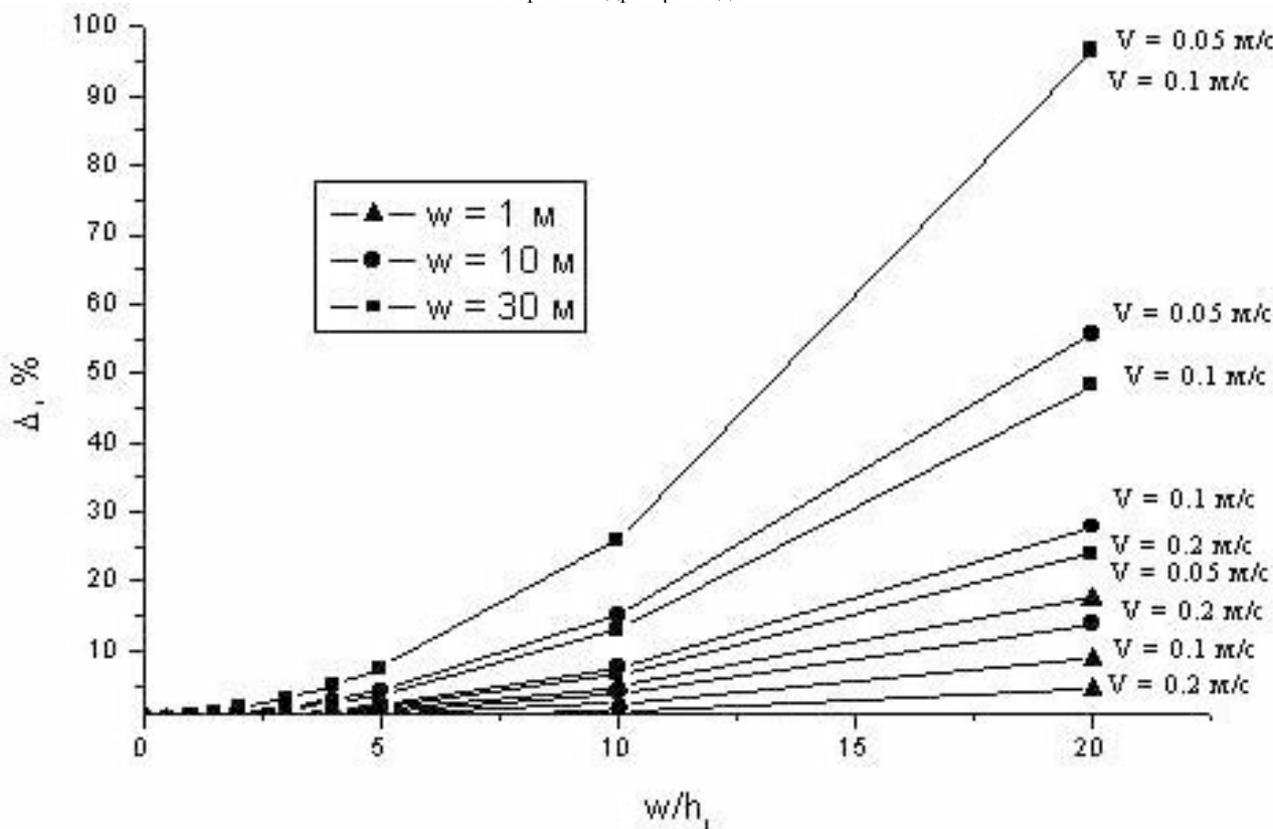


Рис.2. Значения величины  $\Delta$  в зависимости от  $w/h_1$

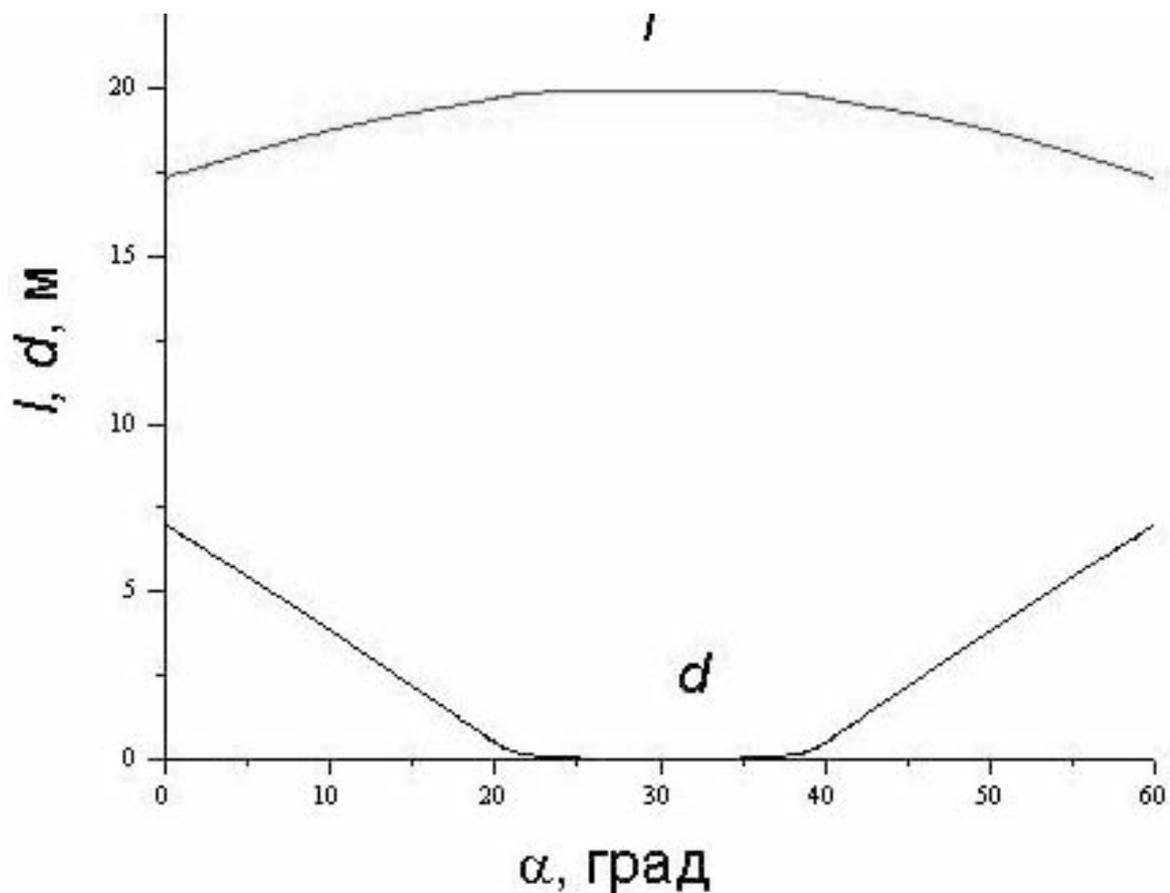


Рис.3. Изменение геометрических характеристик  $d$  и  $l$  в зависимости от направления дрейфа льда относительно трех опорной конструкции

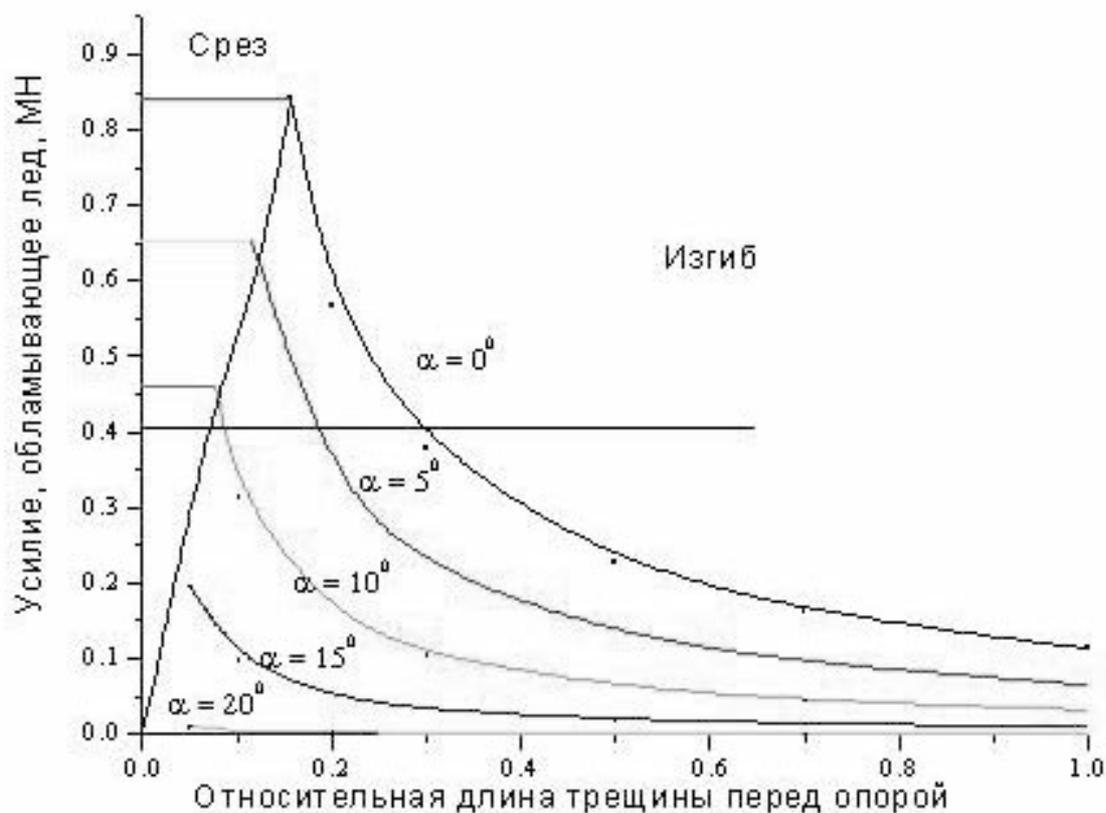


Рис.4. Зависимости, определяющие характер разрушения ледяного покрова при взаимодействии с опорой сооружения

данные, полученные с помощью гидродинамической модели, могут быть использованы для введения коэффициента, учитывающего влияние нагромождений льда перед опорой в соответствии с рис. 2. Гидродинамическая модель также удобна для вычисления величины поперечной составляющей ледовой силы. Так, с ее помощью можно легко показать, что поперечное усилие, возникающее на опоре с треугольной передней гранью, находится как

$$P = 0,5 \cos \theta F_0, \quad (4)$$

где  $F_0$  – продольное усилие, действующее на опору тех же размеров с плоской передней гранью;  $2\theta$  – угол при вершине треугольника. Для опоры с цилиндрической передней гранью поперечная сила рассчитывается по формуле

$$P = \frac{1}{\pi} F, \quad (5)$$

где  $F$  – продольное усилие, действующее на опору с цилиндрической передней гранью.

Как следует из приведенных формул, максимальное поперечное усилие возникает одновременно с продольным. Оно достигается либо при взаимодействии с ледяным покровом наиболее широкой части опоры, либо при формировании наибольшего нагромождения в том случае, если влияние нагромождений необходимо учитывать.

Разрушение сколом реализуется при выполнении условия

$$P_1 = \tau dh_1, \quad (6)$$

где  $\tau$  – предел прочности льда на срез;  $d$  – расстояние от опоры до ближайшего канала.

Условие разрушения изгибом можно записать, представив отламываемый фрагмент ледяного поля в виде консольной балки:

$$P_2 = \frac{\sigma_f h_l d^2}{6l}. \quad (7)$$

Здесь  $\sigma_f$  – предел прочности льда на изгиб;  $l$  – текущая длина балки.

Если поперечная составляющая усилия на отдельной опоре  $P$  значительная по величине, то может реализоваться механизм разрушения ледяного покрова срезом в соответствии с выражением (6). Этот механизм реализуется при практически не развившейся трещине отрыва. При малых значениях длины балки для ее разрушения изгибом требуются усилия, существенно превышающие требуемые для разрушения срезом. По мере увеличения длины трещины отрыва длина балки увеличивается, что приводит к снижению величины усилий, необходимых для ее разрушения изгибом. Пока длина балки увеличивается, происходит процесс снижения уровня поперечной составляющей ледовой силы, требуемой для реализации изгибного механизма разрушения. Если же попереч-

ная составляющая меньше, чем  $P_1$  и  $P_2(l)$ , то рассматриваемая опора только прорезает ледяной покров.

Для рассматриваемой опоры и заданного режима движения ледяного покрова можно построить с помощью формул (6) и (7) зависимость разрушающих лед усилий от длины трещины отрыва, по которой легко можно определить, какой механизм разрушения льда реализуется в рассматриваемом случае. По этой же зависимости можно найти размер обломка льда, который образуется при разрушении ледяного покрова изгибом. В приводимом ниже расчетном примере такие зависимости будут построены.

После образования в процессе разрушения изгибом фрагмента льда уровень ледовых сил, действующих на опору, на некоторое время снижается. При этом возможны два варианта: опора частично прорезает лед и отодвигает образовавшийся обломок льда, либо, когда разрушение изгибом происходит с обеих сторон опоры, только раздвигает обломки. Ледовую нагрузку на опору, связанную с периодическим раздвиганием обломков можно рассчитать, используя результаты работы [5]. Однако в первом приближении, учитывая, что по порядку величины эти силы существенно меньше сил, возникающих при прорезании льда, этой составляющей нагрузки можно пренебречь.

Пусть  $j$  – номер рассматриваемой опоры, тогда  $d$  определяется из следующего выражения, в котором учтена ширина ледового канала за опорой:

$$d = \min_{i \neq j} (b'_i - 0.5w) - b'_j. \quad (8)$$

Максимальная длина балки  $l_{\max}$  определяется как расстояние вдоль канала от рассматриваемой опоры до опоры с номером  $k$ , которая удовлетворяет условию (8). Тогда

$$l_{\max} = a'_k - a'_j. \quad (9)$$

Пример расчета. Рассмотрим ледовую нагрузку на трех опорную конструкцию, имеющую 6 метровые в диаметре цилиндрические опоры, расположенные в вершинах равностороннего треугольника с длиной стороны 20 м. На опору действует дрейфующее поле сплошного ровного льда толщиной 0.6 м. Скорость дрейфа – 0.05 м/с. Пределы прочности льда на изгиб и срез соответственно составляют 400 и 200 кПа.

Равносторонний треугольник имеет три оси симметрии, поэтому в соответствии с формулой (1) для угла, в пределах которого необходимо исследовать ледовую нагрузку, получим  $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$ . Отсчет угла идет против часовой стрелки.

Примем одну из вершин треугольника за начало отчета и направим оси координат так, как это описано выше. Тогда для координат центров опор получим сле-

дующие соотношения: (0,0); (17.32, 10) и (17.32, -10). Анализ геометрии конструкции показывает, что, кроме случая, когда  $\alpha = 0$ , взаимодействовать с уже созданными каналами может только одна из опор.

Рассчитаем по формулам (2), (8) и (9) геометрические характеристики  $d$  и  $l$  для этой опоры. Результаты расчетов представлены на рис. 3. По этим данным, используя формулы (6) и (7), можно рассчитать усилия, необходимые для разрушения ледяного покрова срезом или изгибом. Результаты расчетов показаны на рис. 4. Из него следует, что при небольшой длине трещины отрыва усилия, необходимые для разрушения льда изгибом, существенно превышают усилия, обеспечивающие разрушение срезом. По мере увеличения длины трещины отрыва и, соответственно, длины балки соотношение между усилиями изменяется на противоположное.

Расчетная оценка поперечного усилия в рассматриваемом случае составляет 0,4 МН. Из рис. 4 следует, что пока угол между осью симметрии сооружения и вектором дрейфа льда не превышает примерно  $11^\circ$ , будет наблюдаться разрушение ледяного покрова изгибом. При этом по мере увеличения угла  $\alpha'$  происходит уменьшение размера обломка ледяного поля до тех пор, пока при  $\alpha' \approx 11^\circ$  не произойдет переход к другой форме разрушения ледяного покрова.

Рассмотренные выше механизмы разрушения ледяного поля многоопорным сооружением можно использовать для расчета периодических или квазипериодических (при плавном изменении направления дрейфа льда) ледовых возмущений, которые могут вызывать вибрацию этих сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коржавин К.Н. Воздействие льда на инженерные сооружения. - Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1962.
2. Гладков М.Г. К расчету нагрузки от движущихся ледяных полей на вертикальные опоры гидротехнических сооружений // Изв. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 1994. - Т.228. - С.21-25.
3. Алексеев Ю.Н. и др. Ледотехнические аспекты освоения морских месторождений нефти и газа. - СПб.: Гидрометеоздат, 2001, 360 с.
4. Сазонов К.Е. Расчет нагрузки от движущихся полей ровного льда на вертикальные опоры инженерных сооружений на основе гидродинамической модели. - Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2005 (в печати).
5. Хейсин Д.Е. Влияние сопротивления воды на величину ударных ледовых нагрузок. - Тр. ААНИИ, 1981. - Т.376. - С.55-60. ■

**В** современных условиях роль сферы нормирования труда на отечественных судостроительных предприятиях в значительной степени снизилась. Это объясняется, во-первых, прекращением централизованного в рамках отрасли обновления нормативов по труду, а во-вторых, изменением отношения к самому понятию «трудоемкость». Ведь сегодня цена на продукцию судостроения в значительной степени определяется конъюнктурой рынка, а не себестоимостью изделий [1]. Вот почему для многих производителей трудоемкость перестала быть важным фактором в формировании стоимости.

Однако с такой точкой зрения нельзя согласиться. Практика одного из ведущих судостроительных предприятий России ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»» показывает, что трудоемкость была и остается важным показателем собственных затрат предприятия, тесно связанным не только с объемом заработной платы, но и с уровнем накладных расходов, а значит, и с себестоимостью продукции в целом. Тем самым руководство предприятия, участвуя в тендере и располагая при этом данными о прогнозе себестоимости будущего заказа, всегда сможет оценить свой риск в выборе того или иного уровня стоимости контракта. Более того, трудоемкость может использоваться предприятием в процессе долгосрочного и оперативного планирования производства, в том числе для обеспечения эффективной загрузки персонала.

Что же касается обновления нормативной базы по труду, то сегодня эта задача может быть решена судостроительным предприятием самостоятельно с учетом конкретных условий производства путем создания собственной системы укрупненных нормативов по труду [2]. Перспективы использования такой системы достаточно широки и подробно представлены в работе [3]. В настоящей статье будет рассмотрено лишь одно направление реализации нормативной базы по труду – оценка степени загрузки персонала судостроительного предприятия.

Одна из наиболее характерных проблем отечественного судостроительного производства – это значительный перерасход трудоемкости. Причин этому несколько. Обратим внимание на те из них, которые непосредственно связаны с эффективностью работы самого предприятия. Первая причина – экономическая, она обусловлена непрекращающейся инфляцией. В этом случае производственные рабочие-«сдельщики» при фиксированной стоимости

# НОРМАТИВЫ ПО ТРУДУ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРУЗКИ ПЕРСОНАЛА СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Л.Г. Грабовец, генеральный директор  
ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,  
О.Ю. Юрьев, главный технолог проекта*

нормо-часа заинтересованы в увеличении фактической трудоемкости с целью повышения уровня заработной платы до приемлемого значения. Вторая причина носит организационно-технический характер и выражается в пониженной выработке производственных рабочих, что может быть обусловлено объективными обстоятельствами, а именно:

- невозможностью одновременного задействования на объекте всех членов бригады;
- возникновением длительно нерешаемых конструкторских вопросов;
- сбоями в энергопитании инструмента и в обеспечении рабочего места необходимыми условиями (освещение, вентиляция, отопление и т.д.);
- тяжелыми условиями работ, не учтенными при нормировании труда;
- необходимостью применения со стороны рабочих с творческим подходом к решению нестандартных технологических задач;
- неудовлетворительной организацией работ со стороны руководства цеха и предприятия (несвоевременная подача материалов и комплектующих изделий, в том числе проходящих по межцеховой кооперации, постоянное перераспределение рабочих бригады между разными объектами и т.д.);
- отсутствием специального технологического оснащения и т.д.

Причем все указанные обстоятельства не могут быть признаны основанием для снижения заработной платы рабочим.

В качестве решений экономической части проблемы при неизмен-

ном организационно-техническом уровне предприятия может быть предложено создание резервного фонда оплаты труда, компенсирующего (в разумных пределах) недостаток в заработной плате для производственных подразделений. Кроме того, зачастую руководство предприятий идет на найм более дешевой рабочей силы (так называемых «гастарбайтеров»), хотя это приводит к нежелательным диспропорциям на региональном рынке труда. Наиболее же эффективное решение вопроса может быть получено лишь путем повышения организационно-технического уровня предприятия. Именно такой путь будет в максимальной степени способствовать росту эффективности работы персонала.

Какую позитивную роль в решении указанной задачи могут сыграть укрупненные трудовые нормативы? С их помощью достаточно просто может быть выявлена существующая тенденция роста трудоемкости, обусловленная экономическими факторами (неизменной и низкой стоимостью нормо-часа, ростом величины прожиточного минимума, повышением уровня зарплат на других предприятиях региона) и организационно-техническими факторами (сокращением сроков выполнения работ, увеличением сменности работ, ухудшением условий труда, износом оборудования). Значительные научные и практические разработки по данному вопросу применительно к сфере судового электромонтажного производства выполнены в работе техн. наук Г.В. Герман в работе [4].

Наиболее прогрессивным шагом в данной ситуации является поиск

## Исходные данные

Порядковый номер наблюдения	Трудоёмкость фактическая, нормо-ч.	Длительность работ фактическая, мес.	Средняя численность ОПР, занятых на работах, чел.	Водоизмещение судна порожнем, т	Масса корпуса судна, т	Год завершения работ	Фактическое значение выработки, нормо-ч./мес.чел.
$i$	$T$	$\tau$	$\bar{N}_{\text{числ}}$	$D$	$M$	$t$	$\bar{p} / \bar{N}_{\text{числ}}$
1	185456	12	88	355	148	1992	175,6
2	48568	8	37	139	45	1993	164,1
3	187354	12	95	355	148	1994	164,3
4	26952	7	25	55	22	1995	154,0
5	13452	6	18	34	12	1996	124,6
6	26521	8	22	55	22	1997	150,7
7	18325	6	21	43	15	1998	145,4
8	48537	7	40	105	38	1999	173,3
9	192386	10	98	355	148	2001	196,3
10	64589	8	45	171	52	2002	179,4
11	19225	10	12	56	18	2004	160,2
12	225654	10	119	355	148	2004	189,6

путей, позволяющих в максимальной степени повысить экономическую эффективность работы каждого подразделения и каждой производственной площади предприятия. Этому в значительной степени способствует децентрализация в сфере управления производством, повышение хозяйственно-экономической и технической самостоятельности отдельных структурных подразделений предприятия. Для решения указанной задачи могут быть предложены, согласно [3], нормативы расчета значений  $\bar{p}_{\text{возм}} / \bar{N}_{\text{числ}}$ , где  $\bar{p}_{\text{возм}}$  – возможное продвижение конкретного вида работ по строительству заказа,  $\frac{\text{нормо-ч.}}{\text{мес.}}$ ;  $\bar{N}_{\text{числ}}$  – численность работающих, занятых на данном виде работ. При этом значения  $\bar{p}_{\text{возм}} / \bar{N}_{\text{числ}}$  целесообразно рассматривать как функцию, зависящую от параметра времени.

Таким образом, в отличие от прежних отраслевых укрупненных нормативов, в которых влияние года постройки судна на прогнозируемое значение трудоёмкости отражалось в виде специального коэффициента (общего для всех видов работ), новые нормативы должны обеспечить дифференцированный подход, учитывающий временной фактор по каждому виду работ.

Рассмотрим пример создания такого норматива.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо разработать укрупненный норматив для расчета значений удельного показателя  $\bar{p} / \bar{N}_{\text{числ}}$ , где  $\bar{p}$  – продвижение корпусосборочных работ при строительстве судна,  $\frac{\text{нормо-ч.}}{\text{мес.}}$ ;  $\bar{N}_{\text{числ}}$  – средняя численность основных производственных рабочих (ОПР), занятых на данном виде работ в течение всего времени их выполнения (в основном, сборщиков корпусов металлических судов и сварщиков), чел. Материал корпусов судов – алюминивно-магниевого сплава. Водоизмещение судов – от 20 до 400 т. По сути, показатель  $\bar{p} / \bar{N}_{\text{числ}}$  соответствует средней ежемесячной выработке одного работающего.

## 2. ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходя из целей поставленной задачи, формируем таблицу исходных данных, содержащую следующую информацию по построенным судам (табл.1):

– значения фактической трудоёмкости  $T$  и продолжительности  $\tau$  выполнения предварительной сборки корпуса и его формирования на стапеле;

– значения средней численности основных производственных рабочих, занятых на указанных работах  $\bar{N}_{\text{числ}}$ ;

– значения водоизмещения судов порожнем  $D$  и массы их корпуса  $M$ ;

– годы  $t$ , соответствующие завершению корпусосборочных работ на каждом судне.

Используя значения  $T$ ,  $\tau$  и  $\bar{N}_{\text{числ}}$ , определяем фактические значения показателя  $Y$ :

$$Y = \frac{\bar{p}}{\bar{N}_{\text{числ}}} = \frac{T}{\tau \cdot \bar{N}_{\text{числ}}}. \quad (1)$$

Учитывая гиперболический характер зависимостей значений показателя  $Y$  от значений параметров  $D$  и  $M$  (с возрастанием значений параметров скорость роста величина  $Y$  снижается), дополним таблицу рассчитанными значениями  $\frac{1}{D}$  и  $\frac{1}{M}$ , необходимыми для более полного анализа корреляционных связей, существующих между показателем и параметрами.

Введем обозначения для параметров объектов работ  $D$ ,  $M$ ,  $t$ ,  $\frac{1}{D}$  и

$\frac{1}{M}$ , соответственно,  $X_1$ ,  $X_2, \dots, X_5$ . Каждому наблюдению присвоим порядковый номер ( $i$ ). Полученная матрица исходных данных представлена в табл.2.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Рассчитаем матрицу  $\|\Phi\|$  парных коэффициентов корреляции (табл.3).

Анализ матрицы  $\|\Phi\|$  показывает следующее:

1) наиболее тесную линейную статистическую связь показатель  $Y$  имеет с параметрами  $X_4$  и  $X_5$ ;

2) параметры  $X_4$  и  $X_5$  имеют друг с другом почти линейную статистическую связь, поэтому нецелесообразно включать их в модель одновременно;

3) включение в модель параметра времени  $t$  ( $X_3$ ), несмотря на его слабую линейную статистическую связь с  $Y$ , возможно, улучшит предсказывающие свойства модели, и это требует проверки.

Таким образом, рассмотрению подлежат следующие альтернативные варианты математической модели:

$$\text{№ 1: } Y = b_0 + b_1 \cdot X_4;$$

$$\text{№ 2: } Y = b_0 + b_1 \cdot X_5;$$

$$\text{№ 3: } Y = b_0 + b_1 \cdot X_3 + b_2 \cdot X_4;$$

$$\text{№ 4: } Y = b_0 + b_1 \cdot X_3 + b_2 \cdot X_5.$$

## 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ВЫБОР «НАИЛУЧШЕГО»

Анализ результатов вычислений, выполненных в соответствии с [3] (для упрощения изложения таблица результатов здесь не приводится (подробнее – см. приложение Д в работе [3]), позволяет сделать следующие выводы:

1) условие  $M[E]=0$ , где  $M[E]$  – математическое ожидание остатков, выполнено для всех вариантов;

2) условие  $D[E]=\text{const}$ , где  $D[E]$  – дисперсия остатков, выполнено для всех вариантов;

Матрица исходных данных

Порядковый номер наблюдения	Показатель	Конструктивно-технологические параметры				
		$\bar{p}/\bar{N}_{\text{числ}}$	$D$	$M$	$t$	$\frac{1}{D}$
$i$	$Y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1	175,6	355	148	1992	0,0028	0,0068
2	164,1	139	45	1993	0,0072	0,0222
3	164,3	355	148	1994	0,0028	0,0068
4	154,0	55	22	1995	0,0182	0,0455
5	124,6	34	12	1996	0,0294	0,0833
6	150,7	55	22	1997	0,0182	0,0455
7	145,4	43	15	1998	0,0233	0,0667
8	173,3	105	38	1999	0,0095	0,0263
9	196,3	355	148	2001	0,0028	0,0068
10	179,4	171	52	2002	0,0058	0,0192
11	160,2	56	18	2004	0,0179	0,0556
12	189,6	355	148	2004	0,0028	0,0068

Таблица 3

Матрица парных коэффициентов корреляции

-	$Y$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$Y$	1,000	-	-	-	-	-
$X_1$	0,755	1,000	-	-	-	-
$X_2$	0,722	0,995	1,000	-	-	-
$X_3$	0,387	-0,006	-0,023	1,000	-	-
$X_4$	-0,898	-0,866	-0,828	-0,044	1,000	-
$X_5$	-0,887	-0,869	-0,839	0,002	0,993	1,000

3) условие соответствия закона распределения остатков нормальному закону выполнено для всех вариантов;

4) условие  $R^2 \in [0,8; 1,0]$ , где  $R^2$  – коэффициент множественной корреляции, выполнено для всех вариантов;

5) условие  $\frac{F_{\text{расч}}}{F_{\text{табл}}} > 10$  (критерий Фишера) выполнено для вариантов № 3 и № 4; для вариантов № 1 и № 2 выполнено условие  $\frac{F_{\text{расч}}}{F_{\text{табл}}} > 1,0$ , рассматриваемое для случаев с малым числом наблюдений (как в данном случае  $n = 12$ ).

Следовательно, в качестве «наилучшего» следует выбрать вариант № 4, которому соответствуют максимальные значения  $R^2$  и  $\frac{F_{\text{расч}}}{F_{\text{табл}}}$ . При этом, если на момент выполнения расчета показателя  $Y$  отсутствует до-

стоверная информация о параметре  $M$ , допускается использование модели варианта № 3 с параметром  $D$ , значение которого, как правило, известно уже на ранних этапах проектирования судна.

## 5. ВЫВОДЫ

Для укрупненного расчета удельного показателя  $\bar{p}/\bar{N}_{\text{числ}}$  на корпусоборочные работы (для корпусов судов из алюминийно-магниевого сплавов водоизмещением от 20 до 400 т) рекомендуется использовать следующие формулы:

$$\frac{\bar{p}}{\bar{N}_{\text{числ}}} = -3539,0 - 672,0 \cdot \frac{1}{M} + 1,8648 \cdot t, \quad (2)$$

$$\frac{\bar{p}}{\bar{N}_{\text{числ}}} = -3147,0 - 1895,0 \cdot \frac{1}{D} + 1,6687 \cdot t. \quad (3)$$

При этом в случае применения модели (2) с вероятностью 95 % абсолютная погрешность оценки значений  $\bar{p}/\bar{N}_{\text{числ}}$  будет равна приблизительно  $\pm 2,8$  нормо-ч./мес.чел. Соответственно, диапазон изменения относительной погрешности составит от  $\pm 1,4$  % до  $\pm 2,3$ %.

В случае применения модели (3) с вероятностью 95% абсолютная погрешность оценки значений  $\bar{p}/\bar{N}_{\text{числ}}$  будет равна приблизительно  $\pm 3,0$  нормо-ч./мес.чел. Соответственно, диапазон изменения относительной погрешности составит от  $\pm 1,5$  до  $\pm 2,5$ %.

Создание нормативов по труду, учитывающих параметр времени, как это показано в приведенном примере, позволит руководству предприятий получить достоверную информацию как об абсолютном значении, так и о динамике изменения производительности труда производственного персонала. Аналогично могут быть созданы нормативы для определения потребной численности основных и вспомогательных рабочих, инженерных и управленческих кадров и т. д. в зависимости от загрузки предприятия заказами. Таким образом, в руках руководства предприятия может оказаться весьма эффективный инструмент для оценки степени загрузки персонала судостроительного предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грицан А.Б. Методы инженерно-экономического анализа в ценообразовании на суда и плавсредства. – Ч.1: Производительность, конкурентоспособность и тенденции в отечественном и мировом судостроении. – СПб.: Бостон-спектр, 2004.
2. Грабовец Л.Г., Юрьев О.Ю. Разработка и реализация системы укрупненных нормативов по труду на судостроительном предприятии // Морской вестник. – 2005. – № 2.
3. Юрьев О.Ю. Разработка и реализация системы укрупненных нормативов по труду в процессе строительства судов. – Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук – СПб., 2005.
4. Герман Г.В. Методология управления технологией монтажа судового электрооборудования. – Дисс. на соискание ученой степени д-ра техн. наук – СПб., 2001. ■

**В** конце 90-х гг. XIX столетия был организован в структуре Военно-Морского Флота (Морского Ведомства) научный центр. В этот период организацией и руководством кораблестроительной науки на флоте занимался Морской Технический комитет (МТК). После реорганизации Морского Ведомства 1885 г. и уточнения его структуры МТК состоял из отделов: кораблестроительного, механического, артиллерийского и минного. Во главе отделов были учреждены главные инспекторы по специальностям. В МТК входил еще ряд самостоятельных подразделений: Комиссия артиллерийских опытов, Морской музей, Морская библиотека, редакция журнала «Морской сборник» и др.

Практическим кораблестроением и снабжением занималось другое подразделение – Главное Управление кораблестроения и снабжения (ГУКиС).

К началу XX в. для обеспечения военного кораблестроения был создан ряд новых исследовательских организаций. Так, в 1891 г. по инициативе Д.И. Менделеева была организована для исследования взрывчатых веществ научно-техническая лаборатория; в 1894 г. открыт Опытный бассейн для испытания моделей и оценки ходкости кораблей. В 1898–1900 гг. эти два научных учреждения подчинялись МТК. Бассейн, построенный по инициативе А.Н. Крылова и Д.И. Менделеева, явился стержнем, вокруг которого МТК фактически и образовал научный центр кораблестроения и вооружения. Именно с этого момента можно говорить о создании в России единого комплекса, объединяющего кораблестроительные науки.

Об Опытном бассейне следует сказать особо, поскольку вокруг него и

# ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ В РОССИИ

*К.Г. Абрамян, проф.*

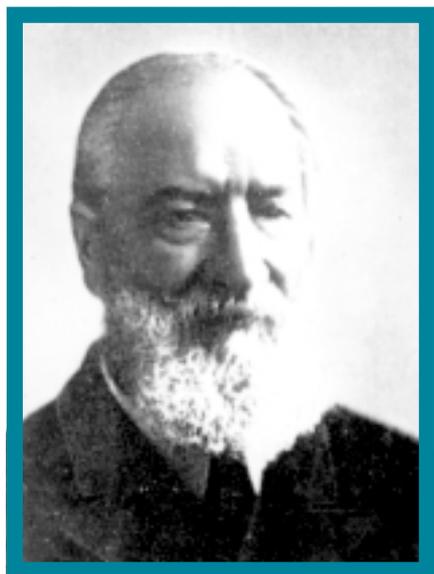
на его базе исторически объединялись научные организации судостроения и таким образом объективно формировался научный центр.

Идея определения сопротивления воды движению корабля путем испытания моделей и пересчета результатов на натуре принадлежит английскому корабельному инженеру У. Фруду (1810–1879). Основные положения своего метода и результаты испытаний моделей он изложил впервые в 1859 г., а затем, более основательно, в 1869 г. Последний трактат Фруда убедил Британское Адмиралтейство в необходимости построить бассейн, и в 1872 г. он был открыт. С тех пор опытовый бассейн стал важнейшей составляющей процесса проектирования кораблей и судов. Второй бассейн был открыт в 1887 г. в Италии, затем уже в 1892 г. в Германии и в 1894 г. в Санкт-Петербурге в Новой Голландии, руководителями которого были известные кораблестроители и организаторы науки, в частности А.Н. Крылов, И.Г. Бубнов, Н.В. Алякринский и др.

Русско-японская война не могла не внести корректировку в военную организацию России. Это в первую очередь коснулось Морского Ведомства. Уже вскоре после Цусимы последовал ряд изменений, была ликвидирована должность генерал-адмирала как главного начальника флота (ее, как правило, занимал представитель царской фамилии) и введена должность морского министра. В 1907 г. учрежден Морской Генеральный штаб. Всеми техническими и хозяйственными вопросами занимался товарищ министра, а МТК и ГУК, объединили в один орган – Морской Технический комитет (МТК), который фактически исполнял по подразделениям те же функции. Наконец, в 1911–1912 гг. МТК входит в ГУК поскольку на первый план выходит задача быстрее воссоздания флота. ГУК занимался как научными вопросами, так и вопросами проектирования, ремонта, снабжения и вооружения кораблей флота. По этому поводу Ю.Л. Кор-

шунов пишет: «Главное Управление кораблестроения сосредоточило в себе... все вопросы научного, технического, организационного и хозяйственного руководства строительством, вооружением и снабжением кораблей».

Такая организация сохранялась вплоть до Октябрьской революции, но затем работы по ремонту и восстановлению кораблей выполнялись по отдельным решениям. Длительное время шли поиски лучшей организации хозяйственной деятельности. В это время происходили частые реорганизации, в том числе и флотских органов. В 1923–1924 гг. приказом РВС СССР № 2475 (ноябрь 1923 г.) восстанавливается в составе Морских Сил Научно-технический комитет Управления Военно-Морских Сил РККА (НТК УВМС РККА). К 1925 г. он состоял из следующих секций: кораблестроительной, подводного плавания, артиллерийской, минной, механической (включая электротехническую), связи, физико-химической. При секциях были, там где это считалось целесообразным, небольшие конструкторские бюро.



*А.Н. Крылов*



*И.Г. Бубнов*



*П. Ф. Папкович*

В 1927 г. в структуру НТК был введен Опытный бассейн. НТК имел тесную связь с КБ и другими организациями судостроительной промышленности, способствовал объединению научных, конструкторских сил с целью выполнения стоящих перед кораблестроением задач по воссозданию флота в соответствии с первой кораблестроительной программой 1926–1932 гг., утвержденной Советом Труда и Обороны 26 ноября 1926 г. Эта программа по срокам была откорректирована и вошла в историю как первая пятилетняя кораблестроительная программа 1928–1933 гг.

Всеми вышеупомянутыми решениями, начиная с 1927 г., фактически был воссоздан государственный научный центр. В НТК (НТКМ) рассматривались важнейшие вопросы, связанные с кораблестроением, принимались решения по теоретическим и экспериментальным исследованиям, испытаниям, проектным материалам, выработывались директивные документы, используемые в практическом кораблестроении. Так, например, обстояло дело с работой в Опытном бассейне в области гребных винтов, внедрением электросварки, расчетами прочности и ходкости, использованием материалов, разработкой оружия и вооружения.

Многие выдающиеся ученые и организаторы науки либо непосредственно трудились в НТКМ, прошли его школу, либо были тесно связаны с ним. Среди них – А.Н. Крылов, Ю.А. Шиманский, Ю.А. Шокальский, А.И. Берг, П.Ф. Папкович, А.Н. Гарсоев, А.П. Шершов, В.Г. Власов, А.И. Балкашин, Н.В. Алякринский, Л.А. Коршунов, Ю.В. Кривцов, И.В. Гирс, В.Н. Перегудов, М.А. Рудницкий, Б.М. Калинин, М.И. Яновский, Э.Э. Папмель, Г.И. Зотиков и многие другие.

Однако существовавшая организация работ в области кораблестроения не соответствовала все возрастающим объемам деятельности, связанным с выполнением кораблестроительной программы 1928–1933 гг.

Флотская общественность и многие специалисты высказывали мнение о необходимости реорганизации флотской науки и создании научно-исследовательского института военного кораблестроения как научного центра. Реввоенсовет СССР признал необходимость такого института и своим постановлением от 31 мая 1931 г. утвердил штат вновь организованного Научно-исследовательского института военного кораблестроения (НИИВК). Он был создан на базе Опытного бассейна и ряда подразделений НТКМ. Это решение было половинчатым, так как не затрагивало ряд хозяйственных и кадровых проблем. Реввоенсовет примерно через год возвратился к этому вопросу и, поскольку НИИВК подчинялся НТКМ, рассмотрел работу последнего. В его решении, в частности, говорилось что научно-исследовательская работа в связи с загруженностью органов кораблестроения ВМС повседневными делами, приемкой, наблюдением, «не занимает должного места» и 23 мая 1932 г. поручил начальнику штаба РККА и начальнику Морских Сил разработать мероприятия по реорганизации НТКМ. В результате он был упразднен, а вместо него помимо НИИВК было создано еще четыре научно-исследовательских института: АНИМИ, НИМТИ, НИМИС, НИМХИ. При этом НИИВК определен головным научно-исследовательским институтом ВМС. Приказ об утверждении штатов всех институтов, в том числе и нового штата НИИВК, подписал нарком по военным и морским делам 2 сентября 1932 г. Все институты перешли на работу по этим штатам в соответствии с приказом наморси РККА с 3 сентября 1932 г.

НИИВК, созданный на базе Опытного бассейна и «остатков» НТКМ, стал ведущим научным центром, ведающим вопросами военного кораблестроения, а его первым начальником – заведующий Опытным бассейном Н.В. Алякринский.

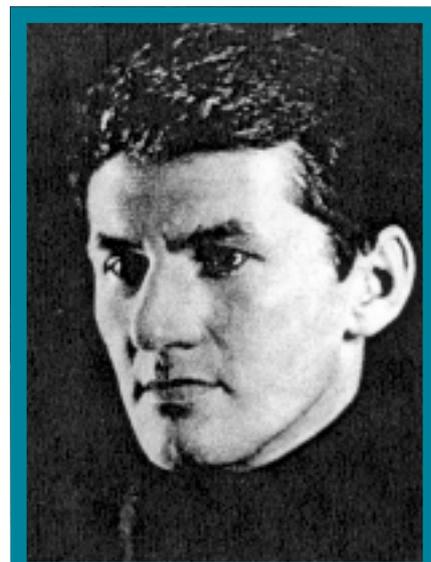
К моменту организации НИИВК функционировал сначала в составе НТК НКПС, а затем «Союзверфи». Научно-исследовательский институт судостроения и судоремонта (НИИСС), который был создан в 1929 г. при деятельном участии В.Л. Позднюгина и П.Ф. Папковича, занимался исключительно гражданским судостроением. В.Л. Позднюгин

стал его директором, а П.Ф. Папкович – замом, затем руководителем судокорпусного отделения (группы), участвовал с самого начала в разработке структуры института и его функций. По этому поводу Ф.В. Мигачева писала: «Делать это приходилось впервые, так как ни в до-революционной России, ни за границей подобных комплексных институтов тогда не было».

Ко времени образования НИИВК НИИСС успешно работал, в нем началось создание экспериментальной базы отечественного судостроения, проводились первые систематические натурные испытания и экспериментальные исследования на судах. Этими работами руководил П.Ф. Папкович. Ряд испытаний проводились по заказу ВМС.

НТКМ в своей работе был связан с НИИСС и при организации своих институтов использовал, кроме своего богатого опыта, и опыт НИИСС, особенно при создании лабораторий натурных испытаний. В стенах НИИВК были собраны практически все видные специалисты военного кораблестроения, перешедшие из НТКМ и других организаций флота.

Однако НИИВК просуществовал, к сожалению, недолго, хотя за это время стал ведущим научным центром в области кораблестроения, особенно ходкости, корабельных двигателей, строительной механики, корабельных механизмов. В нем были разработаны правила и нормы прочности для надводных кораблей и подводных лодок, ряд документов по статочным испытаниям, правила приемки корпусных материалов, методы расчета гребных винтов, первый в мире образец газовой турбины. Выполнены эскизные проекты и задания на строительство ряда кораб-



*Н. В. Алякринский*



*В.Н. Першин*

лей (линкора, тяжелого и легкого крейсеров, подлодок). Все эти работы сопровождались теоретическими исследованиями, модельными и натурными испытаниями.

В середине 30-х гг. была поставлена задача разработать программу развертывания в стране крупного морского судостроения. Особое мнение было обращено на создание кораблей для ВМФ («Большого флота»). С этой целью был образован в 1937 г. Наркомата ВМФ, в 1939 г. – Наркомата судостроительной промышленности, а Наркомат оборонной промышленности (НКОП) разбит на ряд военно-промышленных наркоматов.

План проектирования, строительства и сдачи кораблей «Большого флота», хотя и не был утвержден, но



*Н.В. Алексеев*

действовал и был очень напряженным. Ответственность за его исполнение возлагалась на Главпром, входившего в НКОП. В 1937 г. начальником главка стал замнаркома НКОП И.Ф. Тевосян. Последний неоднократно докладывал в Совмин о необходимости образования в составе Судпрома научно-исследовательского института. Он считал, что без этого невозможно успешное решение задачи, особенно в части строительства военных кораблей для «Большого флота». Поскольку времени на организацию и становление нового НИИ не было, И.Ф. Тевосян предлагал передать НИИВК в состав Судпрома. Это предложение было не лишено смысла. В 1938 г. постановлением Комитета Обороны при СНК СССР от 26 мая НИИВК был полностью передан из НК ВМФ в НКОП и стал именоваться НИИ-45. С образованием в 1939 г. Наркомата судостроительной промышленности НИИ-45 был объединен с НИИСС. Вновь образованный НИИ стал в составе Судпрома центральным и получил наименование ЦНИИ-45. Так появился государственный научный центр кораблестроения. Первым исполняющим обязанности директора был крупный корабельный инженер А.И. Балкашин, его сменил на короткое время И.В. Харитонов, в 1940 г. на эту должность назначили В.И. Першина (впоследствии инженер-контр-адмирал).

После передачи НИИВК в состав Судпрома на флоте решением правительства от 17 июля 1938 г. был вновь восстановлен НТК ВМФ, вобравший все функции НИИВК и ставший научным органом ВМФ.

В предвоенные годы и во время войны сотрудники НТК выполнили огромную работу по обеспечению боеспособности флота, контролю за выполнением его заданий, вели активный поиск совместно с КБ и НИИ промышленности «наилучших проектных решений». НТК просуществовал до 1945 г., когда был вновь организован Центральный научно-исследовательский институт военного кораблестроения (ныне 1 ЦНИИ МО РФ). Первым его начальником стал Н.В. Алексеев. На этом посту его в 1950 г. сменил Л.А. Коршунов. Из НТК в институт перешли опытные и молодые специалисты, а после войны его коллектив пополнился за счет выпускников училищ и Военно-морской академии. В его стенах работали видные ученые кораблестроители. Совместно с ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова он составил основу научного центра.

В одной из статей мной отмеча-



*Л.А. Коршунов*

лось, что дата рождения той или иной организации довольно условна и все они будут правомочны. Так обстоит дело и с научным центром кораблестроения, как его принято называть в настоящее время. Известна точная дата освящения и открытия Опытного бассейна. Вокруг него всегда группировались научные организации и таким образом создавался единый научный центр кораблестроения.

С образования ЦНИИ-45, ныне Центрального научно-исследовательского института им. акад. А.Н. Крылова, являющегося преемником многих научных учреждений и организаций и головным предприятием в системе кораблестроения, роль государственного научного центра перешла по праву к нему. В настоящее время ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и 1 ЦНИИ МО РФ – основные центры, объединяющие главные судостроительные научные силы страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. История отечественного судостроения. – Т. IV. – Л.: Судостроение, 1995.
2. Коршунов Ю.Л. Люди, корабли, оружие. – СПб., 2002.
3. Абрамян К.Г. Зарождение органов ВМФ, ведавших научной работой в кораблестроении // Морской журнал // . – 1999. – № 1, 2.
4. Он же. Страницы истории научно-исследовательского института военного кораблестроения // Морской вестник. – 2002. – № 3, 4. ■

**11** июля 2005 г. постановлением Правительства РФ № 422 утверждена государственная программа «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2006–2010 годы», являющаяся неразрывным продолжением аналогической программы, действующей до конца 2005 г.

Программа разработана в соответствии с поручением правительства страны, Концепцией патриотического воспитания граждан РФ, а также предложений федеральных органов исполнительной власти, администраций субъектов РФ, ведущих общественных организаций и религиозных конфессий.

Ее цель – дальнейшее совершенствование созданной в стране системы патриотического воспитания граждан в интересах укрепления российской государственности, формирования у них любви к Отечеству, готовности к выполнению гражданского долга и конституционных обязанностей по поддержанию общественной стабильности, упрочению единства и дружбы народов России.

В настоящее время такая система в своей основе сложилась. Сформированы федеральные структуры, координирующие деятельность органов государственной власти различных уровней, образовательных и других учреждений, общественных и религиозных организаций по решению проблем патриотического воспитания на основе единой государственной политики. В субъектах РФ созданы и работают региональные межведомственные координационные советы и центры политического воспитания граждан. Формируется комплекс нормативно-правового и организационно-методического обеспечения патриотического воспитания, начиная с первичного коллектива и заканчивая высшими органами государственной власти. Приняты Концепция патриотического воспитания граждан, межведомственные акты по патриотическому воспитанию в субъектах РФ, издаются сборники соответствующих правовых документов.

Работа органов исполнительной власти, общественных организаций позволила добиться изменения тональности ряда электронных и печатных СМИ в освещении проблем патриотического воспитания. Часть их уходит от прямого очернительства, фальсификации и открытой лжи, а тема патриотизма занимает все большее место на их страницах и способствует формированию гражданско-патриотических чувств российских граждан. Органы исполнительной власти стали осуществлять больше мер по поддержке общественных объединений и организаций в их работе по патриоти-

# О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ «ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ГРАЖДАН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2006–2010 ГОДЫ»

*Ю.П. Квятковский, директор Российского государственного военного историко-культурного центра при Правительстве РФ*

ческому воспитанию граждан. Значительно активизировалась деятельность ветеранских организаций. В патриотическом воспитании полнее учитывается фактор многонационального состава страны и связанного с ним многообразия национально-этнических культур. Начата работа по развитию научно-теоретических и методических основ патриотического воспитания. К этой работе привлечены деятели науки РАН, РАМН, РАО, ведущих вузов страны. Реализуются определенные меры федерального и регионального уровня по подготовке кадров – организаторов работы по патриотическому воспитанию. Складывается система подготовки и переподготовки необходимых специалистов.

Государственная программа придает этой работе черты системности, согласованности и комплексности. Накоплен определенный опыт руководства и координации этой работы со стороны федеральных органов власти.

Вместе с тем далеко еще не все сделано для эффективного функционирования системы патриотического воспитания. Одной из наиболее острых и болезненных проблем реализации государственной программы остается затянувшийся процесс создания системы патриотического воспитания в некоторых регионах страны. Есть еще регионы, где функции координационных советов и центров патриотического воспитания переложены на другие, не имеющие к этому отношения структуры, в результате чего в работе органов исполнительной власти и общественных организаций наиболее важные задачи патриотического воспитания решаются слабо.

Отрицательно сказываются на решении данной проблемы недостаточное программно-методическое обеспечение процесса патриотического воспитания в образовательных и культурных учреждениях, их слабое оснащение и чрезмерная коммерциализация материально-технической базы, проводимая частью общественных организаций и некоторых СМИ, «вестернизация» многих сторон духовной жизни россиян. Большие трудности организационного, правового, финансового, экономического характера зачастую испытывают некоторые общественные организации и объединения патриотической направленности. Незначительно реальное участие предприятий, предпринимательских структур в материально-техническом и финансовом обеспечении данного процесса. Ослаблены усилия по поиску внебюджетных форм его финансирования, поддержке движения попечительства и меценатства. Научно-методическое обеспечение подготовки и переподготовки специалистов патриотического воспитания находится не на должном уровне, проблемы реализации программы еще не привлекают внимания общественности, представителей литературы и искусства. В отдельных СМИ проблемы патриотического воспитания нередко продолжают отражаться тенденциозно и противоречиво. Многие из создаваемых в последнее время программных средств, используемых в современных коммуникационных технологиях и имеющих в открытом доступе в сети Интернет, наносят существенный вред нравственному воспитанию подрастающего поколения, его психическому и физическому здоровью. В ряде регионов патриотизм стал ассоцииро-

ваться с национализмом, во многом утрачены традиции развития интернационализма. Уважение к символам государства и Отечества, к героическому прошлому страны еще не стали приоритетными в воспитании личности.

В этой связи все более неотложным становится решение всего комплекса проблем патриотического воспитания граждан программными методами.

Утвержденная на 2006–2010 гг. Программа в своей практической части представляет собой указанный по срокам и исполнителям комплекс мероприятий, призванных решить поставленные задачи. Приоритетным направлением Программы является патриотическое воспитание подрастающего поколения.

В числе основных направлений Программы – совершенствование организации патриотического воспитания и его нормативно-правовой базы, совершенствование научных и методических основ на современном этапе развития нашего общества, совершен-

ствование форм работы со средствами массовой информации и общественными организациями. В соответствии с указанием Президента РФ отдельным разделом предусмотрены меры по воспитанию уважения и гордости к государственной символике Российской Федерации.

Общий объем финансовых средств на реализацию государственной программы – 420,3 млн. руб., в том числе федерального бюджета – 378,05. В отличие от действующей Программы в новой предусмотрено распределение бюджетных средств не только по ее исполнителям – получателям финансовых средств из федерального бюджета, но и по годам. Так, в частности, на 2006 г. из федерального бюджета на реализацию Программы должно быть выделено 76,9 млн. руб.

Финансирование мероприятий региональных программ осуществляется за счет бюджетных средств субъектов Российской Федерации.

Проект Программы рассматривается и был в целом поддержан отдельны-

ми комитетами Государственной Думы и Федерального Собрания.

Хотелось бы надеяться, что исполнители Программы, прежде всего федеральные органы исполнительной власти, оперативно спланируют свои ведомственные программы патриотического воспитания граждан и не менее оперативно внесут соответствующие поправки в проект федерального бюджета на 2006, а также 2007 и 2008 гг., согласно ведомственной классификации расходов. Аналогичная работа должна быть проведена органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, как, например, это делается в ряде республик и областей.

Можно с уверенностью говорить о том, что начатая правительством работа по организации патриотического воспитания граждан страны, это не одноразовый акт, а постоянно действующая политика, цель которой – добиться создания консолидированного, социально достаточного и могучего государства. ■



## К 100-ЛЕТИЮ КОНТР-АДМИРАЛА В.А. НАПИТУХИНА

1929 г. и получил звание командира взвода запаса.

В феврале 1930 г. поступил учиться в Московский институт инженеров транспорта. Осенью 1930 г. был переведен в Ленинградский институт инженеров водного транспорта на механический факультет, который окончил в ноябре 1933 г. По специальному набору ЦК ВКП (б) был зачислен в 1933 г. в ряды РККА на ускоренные курсы инженеров-механиков флота при Военно-морском инженерном училище им. Ф.Э. Дзержинского.

После завершения учебы на курсах был направлен в марте 1935 г. служить на линкор «Парижская коммуна» командиром машинной группы. В 1936 г. его назначают командиром дивизиона живучести боевой части 5 линкора.

В 1938 г. его переводят в Москву в Техническое управление РККФ начальником планового отделения первого отдела, а в 1939 г. назначают начальником ремонтного отдела Управления эксплуатации, ремонта и технического обслуживания ВМС.

Во время Великой Отечественной войны за образцовое выполнение заданий командования награжден орде-

ном «Красной Звезды» (1942 г.), именными часами и медалями «За боевые заслуги» (1944 г.), «За победу над Германией» и «За победу над Японией». В годы войны принимал активное участие в поддержании боевой готовности кораблей ВМФ. За успешное окончание капитального ремонта эскадренного миноносца «Карл Либкнехт» ему была объявлена благодарность в приказе Народного комиссара ВМФ СССР 1944 г.

После войны продолжал руководить ремонтным отделом Технического управления ВМФ. В январе 1952 г. назначен заместителем начальника Управления судоремонта ГТУ ВМФ, а в 1953 г. – главным инженером по ремонту кораблей ГТУ ВМФ.

За успешную подготовку и перевод в 1953 г. 22 кораблей Северным морским путем ему объявлена благодарность ГК ВМФ.

В этот период награжден вторым орденом «Красной Звезды» (1947 г.) и орденом «Красного Знамени» (1953 г.).

В апреле 1954 г. назначен начальником Главного технического управления ВМФ, а в 1955 г. ему присвоено звание инженер-контр-адмирал. В 1958 г. уволен в запас. ■

**В**ладимир Алексеевич Напитухин родился 17 июля 1905 г. в селе Кадницы Работкинского района Горьковской области (Нижегородской губернии). В 1921 г. окончил школу второй ступени там же.

С 14 лет начал работать, плавал матросом и штурвальным на пароходах по Волге. Когда навигация на Волге закрывалась, учился в Горьковском политехникуме водных путей сообщений с 1923 по 1927 г. Получив звание техника 1 разряда и штурмана, плавал вторым помощником капитана парохода «Зинаида» (позднее – «Робеспьер»).

В 1928 г. его призывают в ряды Красной Армии. Демобилизовался в

Алексей Михайлович Матиясевич родился 17 сентября 1905 г. в Смоленске. С 1921 г. ходил матросом на судах Мурманского пароходства. Закончил Киевский морской техникум и Ленинградское морское училище. В 30-е гг., будучи штурманом, помощником и капитаном разных судов, осваивал Северный морской путь в Арктике.

С 1940 г. – в ВМФ. Окончив специальные курсы командиров подводных лодок, служил на Балтике помощником командира, а с осени 1941 г. и до окончания войны – командиром лодки «Лембит». В 1946–1955 гг. командовал подводными лодками «Щ-303», «М-401», учебной БПЛ, Отдельным дивизионом лодок, преподавал на Высших офицерских классах ВМФ. С 1950 г. – капитан 1 ранга. Действительный член Географического общества СССР.

После увольнения в запас в конце 1955 г. возвратился в морфлот, где в должности капитана дальнего плавания служил еще 25 лет. Скончался в январе 1995 г. Похоронен на Серафимовском кладбище.

29 ноября 1995 г. присвоено звание Героя России (посмертно).

**С** Алексеем Михайловичем я познакомился в послевоенные годы, будучи на подводной службе на Краснознаменном Балтийском флоте (КБФ), где он командовал Отдельным дивизионом лодок, испытывал новую подводную технику и вооружение.

В 1951 г. мы встретились в стенах известного Учебного отряда подводного плавания (КУОПП им. С. М. Кирова в Ленинграде). Здесь А. М. Матиясевич десять лет назад проходил переподготовку из моряков морского флота на военного подводника. Получив богатый боевой опыт командования подводным минным заградителем – Краснознаменной ПЛ «Лембит» – и соединением лодок, теперь преподавал нам, слушателям офицерских классов подводников, тактику ведения боевых действий лодок.

Многих жертв стоила нашему народу Победа над фашистской Германией. Почти половина балтийских лодок не вернулась из боевых походов. Среди наиболее «везучих» оказались экипажи двух подводных минных заградителей: «Фрунзевец» (последний военный командир – Герой Советского Союза В. К. Коновалов) и «Лембит».

Под командованием капитан-лейтенанта В. А. Полешука (один поход) и капитан-лейтенанта, капитана 3 ранга А. М. Матиясевича (семь походов) «лембитовцы» в сложнейших условиях балтийского театра, несмотря на активное вражеское противодействие, топили корабли и суда противника. Они выполнили восемь успешных торпедных атак и пять минных постановок. На боевом счету этой лодки – 25 уничтоженных и поврежденных судов противника.

Почти 15 лет ПЛ «Лембит» использовалась по прямому назначению – как подводный минный заградитель, которым командовал А. М. Матиясевич. К концу войны подводники называли эту лодку «бессмертной субмариной».

А. М. Матиясевич, покинув капитанский мостик по возрасту, продолжил трудовую деятельность. Он работал еще четверть века сначала помощником капитана Ленинградского морского торгового порта, а затем старшиной лоцманской службы порта, затем вплоть до 1981 г. служил в Гидрографическом предприятии Министерства морского транспорта

# ГЕРОЙ-ПОДВОДНИК, КАПИТАН ДАЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ К 100-ЛЕТИЮ ГЕРОЯ РОССИИ А. М. МАТИЯСЕВИЧА

**В. С. Козлов**, контр-адмирал,  
член Союза журналистов РФ и Ассоциации морской прессы Санкт-Петербурга



в должности заместителя начальника отдела общего мореплавания. За большие личные заслуги, безупречную 45-летнюю службу на судах и в организациях морского транспорта Алексею Михайловичу было присвоено звание Почетного работника Морского флота, Почетного полярника.

Как ветеран, Почетный член Президиума Объединенного Совета ветеранов подводников ВМФ А. М. Матиясевич активно занимался военно-патриотическим воспитанием молодежи. Он часто встречался со школьниками, курсантами морских и военных училищ, выступал на радио и телевидении. Его воспоминания о боевой деятельности подводников, освоении Арктики и океанских плаваниях публиковались во многих изданиях.

Накануне 50-летнего юбилея Победы в цикле телевизионных фильмов «Победители» (кинорежиссер – В. Правдюк) была и документальная лента об одном из активнейших советских подводников Великой Отечественной войны, орденосце капитане 1 ранга А. М. Матиясевиче. К сожалению, мы, ветераны-подводники, смотрели его уже без главного персонажа – Алексея Михайловича скончался 28 января 1995 г.

У читателя может возникнуть вопрос: почему только через 50 лет после окончания войны была должным образом оценена деятельность этого талантливого моряка, ко-

мандира подводной лодки, добившегося рекордного числа потопленных вражеских судов? Сошлось на высказывания адмирала А. Е. Орла – авторитетного подводника, бывшего военного комбрига и командующего ВМФ: «Матиясевич был слишком деликатным или, если хотите, интеллигентным. В его докладах о боевых походах все в экипаже трудились, старались, проявляли находчивость и мужество! Но что сделал командир лодки, оставалось неясным. Вот и результат: в октябре 1942 г. наградили 10 «лембитовцев» орденом Ленина, 14 орденом «Красного Знамени», 12 – орденом «Красной Звезды», а Матиясевич, представленный к присвоению звания Героя Советского Союза, так им и не стал».

Конечно, в этом не только скромность сыграла свою роль. Выскажу свое мнение. По характеру Алексей Михайлович был человеком принципиальным и прямолинейным, из-за чего считался «неудобным». Не терпел пустозвонства. Вероятно, его нелюбимые высказывания кого-то заделали, кому-то он «не угодил» или не нравился.

Наша ветеранская и другие организации не раз ходатайствовали о восстановлении справедливости в отношении Алексея Михайловича, но, к сожалению, срабатывала бюрократическая инерция. И все же благодаря существующему положению награда рано или поздно находит своего героя, если сохранилась на него в архивах предсталивание. А. М. Матиясевич был представлен на звание Героя Советского Союза в 1942 г. после успешного завершения четвертого боевого похода и фактически спасения лодки и экипажа, оказавшейся в аварийном состоянии после преследования и бомбометания вражескими кораблями.

Осенью 1994 г. Алексея Михайловича обнадружили о скором положительном решении затянувшегося вопроса, но он не дождался справедливости.

Представитель Президента РФ в декабре того же года вручил Золотую Звезду Героя России Валентине Николаевне – вдове А. М. Матиясевича, его сыну и дочери.

Опыт такого подводника, как А. М. Матиясевич, несомненно, будет интересен современным поколениям моряков, поэтому планируемое переиздание его книги «По морским дорогам» станет символическим в связи с приближением знаменательной даты – столетия отечественных подводных сил (19 марта 2006 г.). ■

Сейчас, по прошествии полувека, когда покров секретности со многих областей строительства вооруженных сил снят, когда опубликованы достаточно подробные данные [1–9], необходимо вспомнить и оценить гигантский труд отечественной промышленности и ВМФ, благодаря которому был обеспечен в течение последующих 30 с лишним лет паритет в области стратегических вооружений со странами вероятного в те годы противника.

Следует отметить, что вскоре после окончания Великой Отечественной войны постановлением Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г. был создан Специальный комитет по реактивной технике при правительстве, а в Министерстве вооруженных сил образовано два управления реактивного вооружения: в составе Главного артиллерийского управления и в военно-морских силах. В ряде министерств, в том числе и в Министерстве судостроения, были образованы управления по реактивной технике. Решением главного командования ВМС была организована специальная комиссия во главе с вице-адмиралами Л.Г. Гончаровым и М.И. Акулиным, которая на основе изучения опыта Германии по созданию и применению ракет типа «фау» и задела отечественных лабораторий по реактивному движению пришла к выводу о необходимости использования ракет на кораблях, в морской авиации и береговых установках для поражения различных целей. Она и сформулировала первые требования к морским ракетам.

В 1948 г. были созданы Научно-исследовательский институт по реактивному оружию в Ленинграде и испытательный полигон Южный в Крыму. В 1954 г. организован Северный полигон в районе города Молотовска (позже – Северодвинск). Все это позволило развернуть работы по созданию морских ракет. При этом на первом этапе велось приспособление ряда образцов ракет, разработанных для сухопутных войск и авиации, к использованию с кораблей.

Начало внедрения ракетного оружия на подводные лодки относится к 1949 г., когда в ЦКБ-18 под руководством главного конструктора Ф.А. Каверина был выполнен предэскизный проект подводной лодки (пр. П-2), способной нести и использовать из надводного положения создаваемые неядерные баллистические ракеты «Р-1», а также самолеты-снаряды типа «Ласточка» [1]. Хотя разработка пр. П-2 была прекращена по завершении предэскизной стадии, эта работа впервые обозначила ряд принципиальных проблем, которые необходимо было решать создателям морских баллистических и крылатых ракет для их успешного внедрения на подводные лодки, а в дальнейшем и на надводные корабли. Кроме того, эта проектная проработка показала, что при внедрении

# К 50-ЛЕТИЮ ВВОДА В СТРОЙ ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ - НОСИТЕЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ

*О.Г. Асташенко, капитан 1 ранга в отставке,  
Ю.В. Варганов, капитан 1 ранга в отставке,  
Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова*

на корабли подобной принципиально новой техники и оружия требовались существенно новые конструктивно-компоновочные, технологические и другие технические решения по кораблю в целом.

Практическое внедрение баллистических ракет на подводные лодки было определено постановлением Совета Министров СССР о разработке для подводных лодок ракеты «Р-11ФМ», вышедшим в августе 1955 г. Подготовительный этап начался в январе 1954 г. в соответствии с постановлением правительства «Об исследовании возможности пусков баллистических ракет с подводных лодок». При этом в основу была положена армейская ракета «Р-11» с дальностью стрельбы до 270 км, разработанная под руководством С.П. Королева и принятая на вооружение армии в 1955 г.

Морской вариант баллистической ракеты «Р-11» получил шифр «Р-11ФМ». На ней вместо спирта и жидкого кислорода в качестве топлива и окислителя были использованы керосин и азотная кислота. Это позволило обеспечить полную герметичность баков, что в принципе позволяло хранить ракету на подводной лодке в полностью заправленном (горючим и окислителем) состоянии и удовлетворяло одному из наиболее важных требований к морским баллистическим ракетам.

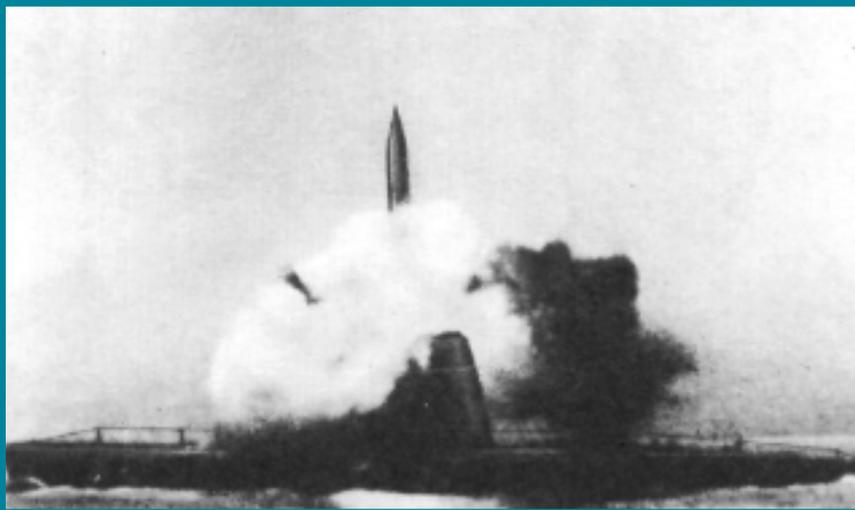
Проблема устранения влияния качки была решена за счет обеспечения старта (надводного) ракеты с поворотного по азимуту стартового стола, поднимаемого вместе с ракетой к верхнему срезу ракетной шахты с помощью тросового подъемника, а также удерживающих захватов пускового устройства и упредителя старта, с его помощью и определялся момент запуска двигателя. Поворотный по азимуту стартовый стол позволял выбирать наиболее благоприятный курс подводной лодки с целью уменьшения ее бортовой качки при волнении моря.

Созданием ракетного комплекса для подводных лодок руководил генеральный конструктор баллистических ракет С.П. Королев, ведущим конструктором по ракете был В.П. Макеев. Руководство проектированием подводной лодки, на которой планировалось разместить этот комплекс, было возложено на главного конструктора подводных лодок Н.Н. Исанина.

В самом начале работ по этой проблеме руководство ВМФ настаивало на реализации подводного старта БР с подводной лодки. Однако на первом этапе С.П. Королев на это согласия не дал, решив не рисковать, и начал работы по модернизации уже освоенной сухопутной ракеты «Р-11» для стрельбы с подводной лодки, находящейся в надводном положении. При этом предполагалось, что предстартовая подготовка ракеты должна начинаться при нахождении ПЛ в подводном положении. После всплытия ПЛ на поверхность воды должна открываться крышка вертикальной шахты, и ракета, находящаяся на пусковом столе, должна была подниматься к верхнему срезу шахты. После проведения старта ракеты крышка шахты закрывалась и подводная лодка погружалась. Такой способ старта БР накладывал очень жесткие требования на обеспечение поперечной остойчивости подводной лодки в надводном положении.

На ракете «Р-11ФМ», как и на «Р-11», имелись развитые стабилизаторы. Так, при диаметре корпуса ракеты 0,88 м размах по стабилизаторам, определяющий диаметр ракетной шахты, составлял 1,75 м. Это приводило к нерациональному использованию объема шахты. Длина ракеты – 10,3 м, а ее масса – около 5,5 т.

Ракета «Р-11ФМ» входила в состав ракетного комплекса, который в последующем получил шифр «Д-1». Предварительная отработка старта ракеты была проведена в 1955 г. с наземных



*Первый в мире старт баллистической ракеты с подводной лодки «Б-67»*

стендов, в том числе и со специального качающегося стенда, имитирующего качку и рыскание подводной лодки.

Для размещения ракетного комплекса с целью его окончательной отработки была выбрана находившаяся в то время в постройке большая торпедная дизель-электрическая подводная лодка (ДПЛ) «Б-67» пр. 611 (разработки ЦКБ-18). Проект ее переоборудования, получивший номер В611, был разработан в ЦКБ-16 под руководством главного конструктора Н.Н. Исанина. Предэскизное проектирование выполнено в 1 ЦНИИ ВМФ, в тесном сотрудничестве с 4 НИИ ВМФ (впоследствии – 28 НИИ ВМФ).

Переоборудование «Б-67» проводилось в 1955 г. Северным машиностроительным предприятием (СМП) в Молотовске. В соответствии с проектом в IV отсеке ПЛ «Б-67» была снята одна из двух находившихся там групп аккумуляторных батарей (АБ) и были ликвидированы жилые помещения. В носовой половине отсека в прочный корпус в диаметральной плоскости ПЛ врезаны друг за другом две вертикальные ракетные шахты, которые имели длину около 14 м и диаметр 2 м. Над прочным корпусом шахты возвышались на 7,2 м, они были закрыты проницаемым ограждением, совмещенным с ограждением прочной рубки и выдвигаемых устройств. Шахты закреплялись на фланцах специальных стаканов, которые вваривались в верхнюю часть прочного корпуса. Корабельная аппаратура и системы ракетного комплекса размещались в IV отсеке вместо ликвидированных жилых помещений и одной группы аккумуляторных батарей.

В I отсеке ПЛ были сняты 12 запасных торпед, и вместо них размещены койки для экипажа, «выселенного» из IV отсека, а также дополнительного личного состава ракетной боевой части. Состав и размещение торпедных аппаратов остались в полном соответствии пр. 611.

Для обеспечения безопасности лодки

при погружении ее с незакрытой крышкой ракетной шахты одна из цистерн главного балласта (ЦГБ) была выполнена прочной. При погружении ПЛ вода из этой цистерны в течение нескольких секунд воздухом высокого давления перегонялась в аварийную шахту. Цистерна могла продуваться и за борт, без вслытия подводной лодки на поверхность. Такие цистерны, которые впоследствии имелись на всех ракетных подводных лодках, вооруженных ракетами (в том числе и крылатыми) с надводным стартом, получили название аварийно-балластных.

Первая подводная лодка с баллистическими ракетами (БР), имевшая тактический номер «Б-67», вступила в состав Северного флота 11 сентября 1955 г. *16 сентября 1955 г. в 17 ч 20 мин в Белом море впервые в мире был произведен успешный старт БР с ПЛ, находящейся в надводном положении.* ПЛ «Б-67» с ракетным комплексом «Д-1» была принята в опытную эксплуатацию, в ходе которой должны были быть завершены летно-конструкторские испытания

ракет, а в феврале 1959 г. ПЛ «Б-67» с ракетным комплексом «Д-1» была принята на вооружение ВМФ.

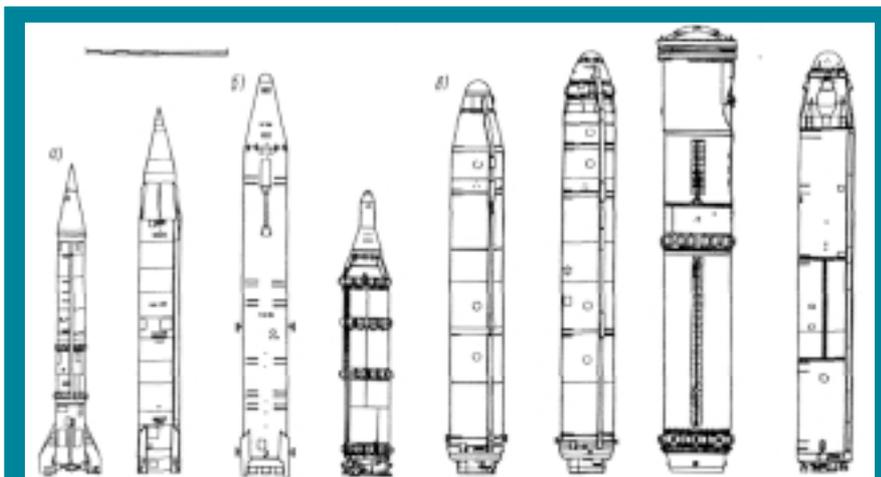
После вступления в строй «Б-67» в августе 1956 г. было принято решение достроить по пр. АВ611, который несущественно отличался от пр. В611 (за исключением хранения ракет в полностью заправленном состоянии), четыре подводные лодки пр. 611 в Северодвинске (СМП) и переоборудовать одну ПЛ на «Дальзаводе» во Владивостоке.

Проект АВ611, как и пр. В611, был разработан в ЦКБ-16 под руководством Н.Н. Исанина. Постройка четырех подводных лодок этого проекта в Северодвинске была завершена в 1957 г. Одна подводная лодка была переоборудована во Владивостоке в 1958 г.

Практически сразу же после первого успешного пуска ракеты «Р-11ФМ» с подводной лодки в 1956 г. было принято постановление правительства о разработке нового ракетного комплекса (РК) баллистических ракет морского базирования – комплекс «Д-2», в который входила ракета «Р-13» на жидком топливе. В этом комплексе при сохранении надводного старта и конструкции пусковой установки ракет, аналогичной ракете «Р-11ФМ», увеличивалась дальность стрельбы (со 150 до 600 км) и мощность ядерного заряда (масса головной части возрастала в 1,64 раза). Первоначально предполагалось, что ракета будет приниматься на подводную лодку, полностью заправленной компонентами топлива (горючим и окислителем), но после проведения в 1960 г. испытаний комплекса «Д-2» на взрывостойкость (в том числе с использованием шнуровых зарядов, имитирующих ударную волну ядерных подводных взрывов) было решено хранить ракеты только с окислителем, а горючее – в емкостях подводной лодки, расположенных в ограждении рубки, т.е. вне прочного корпуса. Такое решение усложняло и увеличивало время предстартовой подготовки ракет.



*Тяжелый ракетный подводный крейсер пр. 941*



**Баллистические ракеты подводных лодок ВМФ: а – с надводным стартом – «Р-11ФМ» и «Р-13»; б – средней дальности «Р-21» и «РСМ-25»; в – межконтинентальной дальности – «РСМ-40» моноблочная; «РСМ-50», «РСМ-52», «РСМ-54» с разделяющимися головными частями**

В 1956 г. на первой подводной лодке с БР «Б-67» в дальнем походе, проведенном в Карское море, с обиганием о. Новая Земля, были проведены транспортные испытания ракет «Р-11ФМ» и проверка работоспособности систем ракетного комплекса, а в 1957 г. – испытания на взрывостойкость к подводным взрывам. Летно-конструкторские испытания ракет в полном объеме с положительными результатами были завершены только в 1958 г., после которых ракетный комплекс приняли на вооружение ВМФ в феврале 1959 г. С проведением первого пуска БР «Р-11ФМ» с ДПЛ «Б-67» в нашей стране фактически началось создание морской стратегической ядерной системы (МСЯС).

Одновременно с созданием ракетного комплекса «Д-2» предусматривалось проектирование и строительство подводных лодок пр. 629 (с дизель-электрической энергоустановкой) и пр. 658 (с атомной энергоустановкой), на которых должен был размещаться комплекс «Д-2». Одним из требований являлось обеспечение возможности стрельбы с них не только ракетами «Р-13», но и «Р-11ФМ», так как сроки создания подводных лодок (в первую очередь пр. 629) опережали сроки создания ракет «Р-13». На самом деле так и оказалось, первые пять подводных лодок пр. 629 были вооружены ракетами «Р-11ФМ». Затем на них установили штатные ракеты «Р-13».

Проектирование подводных лодок было поручено ЦКБ-16 (пр. 629) и ЦКБ-18 (пр. 658). При создании подводной лодки пр. 629 в качестве базового корабля была принята большая дизель-электрическая торпедная подводная лодка пр. 641\* (разработки ЦКБ-18), являвшаяся дальнейшим развитием пр. 611. Для пр. 658 прототипом стала еще

непостроенная первая атомная торпедная подводная лодка пр. 627, проект которой был разработан в СКБ-143. При этом на пр. 658 от ПЛ пр. 627 были приняты энергетическая установка и радиоэлектронное вооружение в части гидроакустики, радиолокации и средств связи. На ПЛ было значительно усилено навигационное вооружение. Пр. 629, тактико-техническое задание на который было разработано 1 ЦНИИ ВМФ и утверждено в январе 1956 г., шел с некоторым опережением по отношению к пр. 658.

В последующие годы была начата разработка нового ракетного комплекса «Д-4» с ракетой «Р-21», стартующей с ПЛ, находящейся в подводном положении, в 1962 г. начало перевооружения этими ракетами АПЛ пр. 658 и ДПЛ пр. 629.

К концу 50-х гг. США усиленно создавали свои атомные подводные лодки с баллистическими ракетами. В ноябре 1960 г. на боевое патрулирование в океан вышла первая ПЛАРБ ВМС США «Джорж Вашингтон». Она была вооружена 16 БР «Полярис А1» с твердотопливным ракетным двигателем.

В Советском Союзе на отечественных предприятиях создавались новейшие образцы баллистических ракет, на судостроительных заводах строились все новые и новые подводные лодки с баллистическими ракетами (ПЛАРБ). В течение трех последующих десятилетий шло исключительно напряженное соревнование с США в этой важнейшей военной области.

Всего с 1955 по 1991 г. для ВМФ нашей страны было построено 120 подводных лодок с баллистическими ракетами, из них 91 атомная. Наряду с названными выше проектами ПЛ со второй половины 60-х гг. в строй начали вступать ПЛАРБ пр. 667А, 667Б, 667БД, 667БДР, 667БДРМ и, наконец, самые большие в мире подвод-

ные лодки пр. 941, представляющие собой подводную ракетную систему «Тайфун» с 20 баллистическими ракетами «РСМ-52» межконтинентальной дальности. Огромный вклад в создание атомных ракетных подводных лодок внес генеральный конструктор РПКСН дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР академик С.Н. Ковалев.

Ракеты «РСМ-52» имели дальность полета более 8300 км и несли на себе 10 боеголовок индивидуального наведения. Одна такая ракета была способна поразить до 10 объектов, находящихся в круге площадью около 300 тыс. км<sup>2</sup>. Одна подводная лодка при запуске всех ракет могла поразить до 200 целей, расположенных в 20 таких кругах, находящихся на территории противника [8].

Все ракетные комплексы подводных лодок, начиная с Д-2, проектировались, создавались и испытывались под руководством генерального конструктора морских баллистических ракет дважды Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий академика В.П. Макеева. Создание МСЯС, наряду с системой наземного базирования баллистических ракет, в течение длительного периода времени оставалось надежным фактором сдерживания от начала новой мировой войны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. История проектирования и строительства дизель-электрических подводных лодок 1945-1971 гг. – Л.: ЛИМБ «Рубин», 1986.
2. Баллистические ракеты подводных лодок России. Избранные статьи. – М.: Масс: Гос. ракетный центр «КБ им. акад. В.П. Макеева», 1994.
3. Буров В.Н. Отечественное военное кораблестроение в третьем столетии своей истории. – СПб.: Судостроение, 1995.
4. Кузин В.П., Никольский В.И. Военно-Морской Флот СССР. 1945-1991. История создания послевоенного Военно-Морского Флота СССР и возможный облик флота России. – СПб.: Истор. Морское общество, 1996.
5. Российская наука – Военно-морскому флоту. – М.: Наука, 1997.
6. Жарков В.И. Создание первых подводных лодок с баллистическими ракетами // Гангут. – 1998. – Вып.14.
7. Костев Г.Г. Военно-Морской Флот страны. 1945–1995: Взлеты и падения. – СПб, 1999.
8. Новоселов Ф.И. Вооружение Военно-Морского Флота» в кн. «Советская военная мощь: От Сталина до Горбачева / Под ред. А.В. Минаева. – М.: ИД «Военный парад», 1999.
9. Оружие и технологии России, т. 1. Стратегические ядерные силы. – М.: ИД «Оружие и технологии», 2000. ■

Рецензент: *Е.М. Кutowой, канд. техн. наук, капитан 1 ранга в отставке*

\* Строительство большой серии подводных лодок пр. 641 (ЦКБ-18) началось в 1956 г. Состав торпедного вооружения и энергоустановки (кроме запаса топлива) сохранялись по пр. 611 [8].



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



Орденский знак  
Морского собрания  
(высшая награда)



Орден  
«За воинскую доблесть  
1 степени»



Орден  
«За трудовую  
доблесть  
1 степени»



190000, Санкт-Петербург,  
Английская набережная,42  
тел.: (812) 312-70-92, 315-26-70



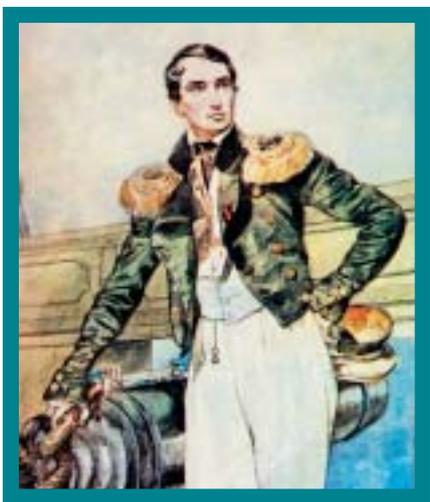
Орден  
«За заслуги»



Золотая медаль  
«Петр I»



Серебряная медаль  
«А.Н. Крылов»



## К 200-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВИЦЕ-АДМИРАЛА В.А. КОРНИЛОВА

*С.П. Сирый, председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС, заслуженный работник высшей школы России, проф., капитан 1 ранга запаса*

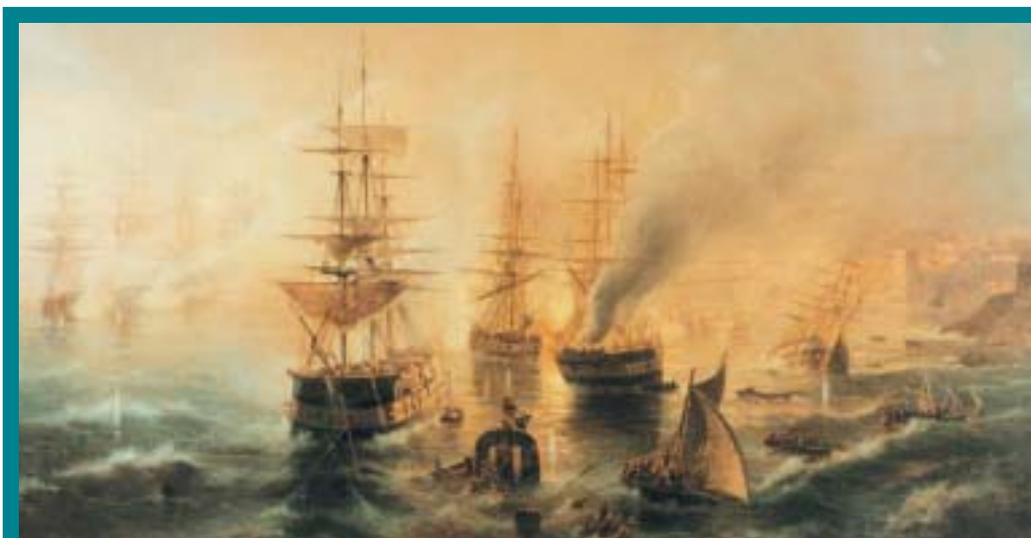
13 (1) февраля 2006 г. исполняется 200 лет со дня рождения русского флотоводца, вице адмирала, генерал-адъютанта, героя Севастопольской обороны 1854–

лений Дарданелл и Босфора. Командуя сперва бригам «Фемистокл», затем корветом «Орест» и фрегатом «Флора», зарекомендовал себя образцовым командиром корабля.

визии из Севастополя в район Сухуми–Анакрия. На начальном этапе организации обороны Севастополя проявил блестящий талант руководителя, возглавил оборону Северной стороны Севастополя.

Героически погиб во время первой бомбардировки Севастополя 5 октября 1854 г. на Малаховом кургане. Здесь на месте гибели ему воздвигли памятник. Похоронен в склепе Владимирского собора Севастополя рядом с могилой М.П. Лазарева.

*В январе 2006 г. в Доме ученых пройдет конференция, посвященная 200-летию со дня рождения флотоводца В.А. Корнилова. ■*



Синопский бой. Художник Р.К. Жуковский

1855 гг. Владимира Алексеевича Корнилова.

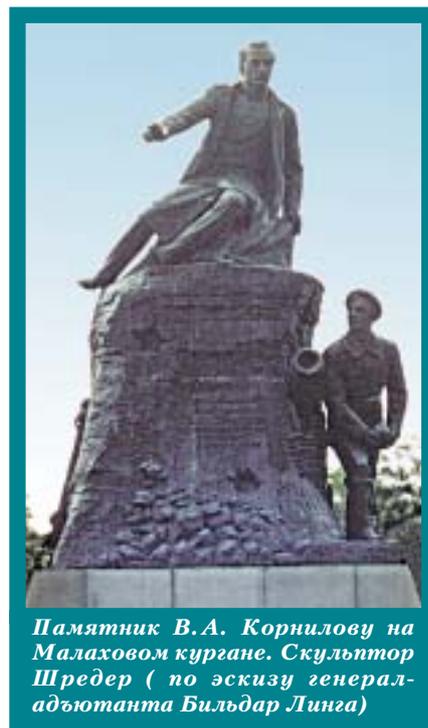
В 1821 г. молодой юноша поступил в Морской кадетский корпус, который окончил в чине мичмана в 1823 г. В.А. Корнилов был прикомандирован к Гвардейскому экипажу. В 1827 г. по ходатайству отца он был назначен на пришедший из Архангельска новый 74-пушечный парусный линейный корабль «Азов», командиром которого был капитан 1 ранга М.П. Лазарев. На «Азове» в этом же году В.А. Корнилов принял участие в Наваринском сражении и был награжден орденом Св. Анны 4-й степени. В 1831–1833 гг. В.А. Корнилов командовал на Балтийском море тендером «Лебедь», затем по просьбе М.П. Лазарева был переведен на Черноморский флот.

Во время Босфорской экспедиции 1833 г., проводившейся под руководством контр-адмирала М.П. Лазарева, состоял офицером для особых поручений, производил опись укреп-

17 апреля 1835 г. В.А. Корнилов получил чин капитан-лейтенанта, а 1838 г. – капитана 2 ранга. В 1840 г. он был произведен в капитаны 1 ранга и назначен командиром корабля «Двенадцать Апостолов», на котором в 1842–1846 гг. участвовал в боевых операциях на Черном море. В 1846 г. по предложению М.П. Лазарева его командировали в Англию. В конце 1848 г. В.А. Корнилов вернулся на Черноморский флот, был произведен в контр-адмиралы, в начале 1849 г. назначен на должность начальника штаба Черноморского флота и портов.

После смерти М.П. Лазарева в 1851 г. В.А. Корнилов, оставаясь в той же должности, фактически стал главным руководителем Черноморского флота. В октябре 1852 г. он был произведен в вице-адмиралы и назначен генерал-адъютантом.

В сентябре 1853 г. руководил перевозкой войск 13-й пехотной ди-



Памятник В.А. Корнилову на Малаховом кургане. Скульптор Шредер (по эскизу генерал-адъютанта Бильдар Линга)



## ПЕРВОМУ ВОЕННО-МОРСКОМУ КЛИНИЧЕСКОМУ ГОСПИТАЛЮ - 290 ЛЕТ (1715-2005)

*Е.А. Никитин, д-р мед. наук проф.,  
полковник медицинской службы запаса, заслуженный деятель науки РФ*

**Н**еобходимость для России иметь сильный флот стала очевидной уже в конце XVII – начале XVIII в. Великий преобразователь государства российского – Петр I – считал, что «всякий potentant, который едино войско сухопутное имеет, одну руку имеет, а который и флот имеет, обе руки имеет» (эпиграф к «Морскому уставу» 1720 г.). Благодаря его усилиям за сравнительно короткое время был построен мощный Балтийский флот. Так, если в 1699 г. флот состоял из 10 кораблей, имеющих от 22 до 66 пушек, 2 галер и 2 мелких судов, то через 10 лет уже было 115 кораблей, на которых служили 8170 человек; в 1725 г. флот насчитывал до 38 линейных кораблей, 10 фрегатов, более 150 галер и 80 вспомогательных судов. «Налицо людей было 14 827 человек».

Вся медицинская служба флота в конце XVII в. была представлена доктором, лекарем (по одному), двумя подлекарями и двумя учениками, в конце же первой четверти XVIII в. общее количество медицинских работников составляло уже 92 человека (четыре доктора, главный лекарь, 51 лекарь, 36 подлекарей) проходили ремесленную подготовку в госпиталях и на кораблях 73 лекарьских ученика.

В начале XVIII в. Петр I создал на Балтийском море два госпиталя, специально предназначенных для лечения больных матросов: первый в Санкт-Петербурге, второй – на о. Котлин. Считается, что первый морской госпиталь был официально открыт 27 октября 1715 г. В нем до сих пор хранится копия медной доски, на которой записаны слова, сказанные Петром I при закладке госпиталя в 1715 г.: «Здесь всякий изнеможенный служивый найдет себе помощь и ус-

покоение, которого ему доселе не было, дай только Бог, чтобы многие не имели и нужды сюда быть привозимы». Госпиталь поначалу разместился на острове близ правого берега реки Невы. Известно, что в 1727 г. в нем было 300 коек, работали старший лекарь, три подлекаря, проходили обучение шесть лекарьских учеников. Первым старшим лекарем был назначен грек Маттиас Миниат (Матвей Миниат), при нем находился хирург (оператор) Гульст и «учитель по накладыванию бандажей» англичанин Вильям Горн.

С 1722 г. к работе в госпитале по указу Петра I привлекали женщин – вначале для выполнения хозяйственных функций, а потом и для ухода за больными. В 1733 г. госпиталь становится и учебным заведением, при нем открывается госпитальная школа. Вначале в госпитале было четыре большие палаты, предназначенные для матросов, «одержимых наружными болезнями», «горячками страждущих» (две палаты

и больных «венерической болезнью и разными сыпями зараженных». Начиная с 1730 г. в него, наряду с матросами, принимали для лечения больных и раненых солдат, членов семей моряков, а также рабочих с адмиралтейских заводов. Для покрытия расходов на лечение со всех военнослужащих удерживали определенную сумму (в зависимости от ранга, звания). Так, с полковника удерживали в год 12 руб., с капитана – 3 руб., с рядового – 4 алтына. С лиц, страдающих «французской болезнью» (т.е. венерическими заболеваниями), насчитывали за лечение все жалованье.

Питание строго контролировалось. В предписании о питании больных в госпитале говорилось: «Вышеописанное: кашу, пива и мяса и масла всегда раздавать при себе и смотреть накрепко, дабы никто не был обижен». В расходных книгах надо было учитывать расход припасов, еженедельно давать отчет об этом в военную канцелярию. Госпитальный паек



*Военно-морской госпиталь. Акварель.  
Заслуженный художник РФ В.И. Овчинников*

не был разнообразным, но имел достаточную калорийность. На месяц (28 дней) больному полагалось 8 кг мяса, 16,8 кг хлеба, 7,2 кг круп (ячневой, овсяной), 0,7 кг масла, соль, специи, овощи, квас, 14 л пива, 28 чарок вина (чарка – 153 мл). В то время считали, что лечение без него – «только лекарству траата».

Для лечения широко применяли кровопускания, слабительные, рвотные, клизмы, растительные лекарства, которые выращивали на аптечном огороде, разбитом при госпитале. Хирургическая помощь была весьма активной. Рану обмывали водой, инородные тела извлекали специальными щипцами, рану прижигали, а затем накладывали повязки с бальзамами и мазями. Загноившиеся раны лечили с помощью «заволок» и «фонтанелей» – кусков полотна и различных инородных тел, которые вводились в рану для поддержания нагноения. Чрезвычайно увлекались ампутациями, которые проводили даже при простых переломах.

Порядок в госпитале, качество лечебно-диагностических мероприятий определялись тем, что главный доктор в присутствии должностных лиц ежедневно посещал палаты, аптеку, кухню, наблюдал за работой ординаторов, размещением больных, содержанием помещений. Он осматривал всех поступающих и выписывающихся больных. В госпитале работали многие выдающиеся специалисты, которые почитаемы и современными врачами как лица, заложившие фундамент военно-морской и многих отраслей общей медицины.

В 1836 г. морской госпиталь в связи с развивающимися на Выборгской стороне сухопутным госпиталем и Медико-хирургической академией (создана в 1798 г.) переводится в Калининское деревню, где Морское ведомство приобрело усадьбу княгини Шаховской. Как указывается в Медицинских прибавлениях к «Морскому сборнику» (июль 1893 г.), морской госпиталь на новом месте был открыт 11 ноября 1836 г. Он занял каменное здание в три этажа по фасаду на берегу Фонтанки и два двухэтажных боковых флигеля, примыкающих к концам главного корпуса (здание это существует и в настоящее время под номером 162). Госпиталь стал называться Калининским. В начале 1866 г. ему был передан верхний второй этаж 2-й Морской казармы (красное здание на углу набережной Фонтанки и Старо-Петергофского проспекта), а с 1880 г. оно полностью и до настоящего времени занято различными подразделениями

госпиталя. В 70-х гг. XIX в. во дворе казармы появляется третий этаж, и здание приобретает современный вид. Высота комнат в нем – 4 м 79 см.

В декабре 1858 г. в Санкт-Петербурге создается первое в стране общество морских врачей, имевшее тесную связь с госпиталем. Научный авторитет этого лечебного учреждения был настолько высок, что ему дали право приема к защите диссертаций. Проведению научных исследований способствовало наличие в госпитале экспериментальной лаборатории. Надо отметить, что при защите диссертаций возможно было присутствие лекарских учеников и им даже позволялось задавать вопросы соискателю. Высокий научный потенциал госпиталя позволял его сотрудникам разрабатывать новые, оригинальные методы диагностики и лечения больных (например, кровоостанавливающая жидкость, используемая при операциях и легочных кровотечениях; «целительная вода» для лечения ран и язв), а также использовать научные достижения других авторов и учреждений (например, эфир и хлороформ для наркоза с 1847 г., рентгеновские исследования – с 1901 г.). С 1903 г. в госпитале используется карета скорой помощи – вначале как гужевой, а потом как автомобильный транспорт. В 1906 г. оборудуется и начинает работать один из первых зубо-врачебных кабинетов.

Деятельность врачей, фельдшеров, санитаров не ограничивалась рамками госпиталя. Многие из них в летний период выполняли свои функции на кораблях в плаваниях. Принимали они участие и в боевых действиях. Так, из них только в Цусимском сражении (май 1905 г.) на кораблях 2-й Тихоокеанской эскадры погибли пять врачей, семь фельдшеров и одиннадцать санитаров.

Активно работал госпиталь в годы Первой мировой войны. Количество коек в нем с 300 возросло до 1000, и он был отнесен к лечебным учреждениям первого класса. В нем оставались для лечения больные и раненые с неясными диагнозами, а также лица, требующие «более или менее сложных специальных методов лечения». Уже в ходе войны, в конце октября 1915 г., было организовано празднование двухсотлетнего юбилея госпиталя. 26 октября была отслужена панихида у гробницы основателя госпиталя Петра I в Петропавловском соборе. На следующий день в церкви госпиталя состоялось торжественное богослужение. На юбилей съехались руководители и высшие чины Морского министерства, представители медицинского мира столицы, коррес-

понденты всех столичных газет. На празднике присутствовали госпитальные больные, воспитанницы опекаемого госпиталем сиротского приюта порта. Был установлен памятник «Державному основателю госпиталя» Петру I, изготовленный специально к юбилею Верфелем, открыта мемориальная бронзовая доска с речью Петра I, произнесенной при основании госпиталя в 1715 г. Госпиталь получил наименование «Петроградского Адмиралтейского императора Петра Великого». Все его сотрудники стали пользоваться правом ношения на погонах вензеля с буквами «ИПВ» и специального нагрудного знака размером около 50 мм, часть деталей которого была сделана из золота и серебра.

Во время Октябрьской революции (1917 г.), а именно в течение 25–26 октября, в госпиталь было доставлено около 20 раненых, которым была оказана необходимая медицинская помощь. В период Гражданской войны, наряду с лечебной работой, госпиталь, в который непрерывно поступали многочисленные раненые и больные, главным образом инфекционные, выделял медицинский персонал и имущество на многие суда и формируемые из моряков отряды, действующие на различных фронтах и флотилиях. Много сил и энергии было отдано борьбе с эпидемиями.

В госпитале в то время трудились Б.А. Фаворский (одно время – начальник санитарной службы дивизии легендарного В.И. Чапаева), который стал профессором клиники и кафедры нервных болезней Военно-морской медицинской академии (ВММА); Н.И. Августовский (участник русско-японской войны, основатель научной дисциплины «Организация и тактика медицинской службы флота»), В.С. Кравченко (старший врач крейсера «Аврора» в Цусимском бою, автор книги «Через три океана»; его дневник является экспонатом легендарного крейсера-музея); В.Г. Гаршин (будущий действительный член Академии медицинских наук СССР, племянник известного писателя В.М. Гаршина), А.М. Зотов (помощник начальника госпиталя, который затем в возрасте 33 лет возглавил созданный в 1938 г. Военно-морской факультет при 1-м Ленинградском медицинском институте им. акад. Павлова, а в годы Великой Отечественной войны – медицинскую службу Черноморского флота; с 1947 г. и до конца существования (1956 г.) он начальник Военно-морской медицинской академии, а затем возглавлял одно из подразделений научно-исследовательского института ВМФ).

На базе госпиталя в разные годы работали клиники Военно-морской медицинской академии (военно-морской хирургии, инфекционных болезней, урологии, стоматологии, военно-морской и госпитальной терапии, глазных болезней, травматологии и ортопедии), во главе которых соответственно стояли многие видные ученые: Б.В. Лунин, П.А. Алисов, Я.Д. Минхельсон, В.М. Уваров, З.М. Вольнский, Н.И. Лепорский, Е.Ж. Трон, Д.А. Новожилов. В этот период лечебно-диагностические отделения госпиталя оснащаются новым оборудованием, расширяется объем оказываемой больным медицинской помощи, во многих случаях она стала носить квалифицированный и специализированный характер.

К началу Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) госпиталь представлял собой хорошо слаженное, практически полностью укомплектованное кадрами и достаточно оснащенное медико-санитарным имуществом, во многом подготовленное военно-морское лечебное учреждение. Однако ряд проблем и прежде всего обеспечение живучести госпиталя как вероятного объекта нападения противника, придание ему при необходимости подвижности, а также способности работать в условиях массового поступления раненых и больных, находясь не в глубоком тылу, а в боевых порядках войск, пришлось решать уже в ходе войны.

Личный состав госпиталя уже с первых дней войны принимал непосредственное участие в решении задач медицинского обеспечения боевых действий сил флота. Для организации и непосредственного участия в оказании хирургической помощи в Таллине из него откомандированы пять хирургов, что предопределило создание так необходимых на флотах во время войны маневренных формирований медицинской службы. Аптека госпиталя, воспроизводя опыт, накопленный в ходе Гражданской войны, обеспечивала медицинским имуществом формирующиеся в срочном порядке корабли и части флота. На территории оборудуются землянки, траншеи, убежища. Сотрудники приобретают навыки по приему на лечение поначалу до 100, а потом и более человек в день.

Непосредственное воздействие оружия фашистов госпиталь впервые испытал 12 сентября 1941 г., когда на его территорию упало более 100 зажигательных и несколько фугасных бомб. Возникли пожары, был поврежден водопровод. В приемном отделении скопилось много раненых. На следующий день налет повторил-

ся. Вскоре госпиталь оказался в 3–4 км от линии фронта, и его пришлось рассредоточить. Часть подразделений была «эвакуирована» на ул. Егорова в школу вблизи Обводного канала, другая в больницу им. Эрисмана на Петроградскую сторону, где вскоре рядом со зданием упала, но не взорвалась тысячекилограммовая бомба. Продолжали работу и подразделения, оставленные на пр. Газа, 2.

Вместе с жителями города его защитники испытали на себе все тяготы блокады и сотрудники госпиталя. Не было отопления, палаты освещались с помощью коптилок, но горючего материала выдавали не более 20 г в сутки на палату. Не работали канализация, водопровод; перестали действовать механическая прачечная, гальюны (туалеты), умывальники. Операции порой проводились при освещении фонарями, каганцами. Голод, холод, постоянные обстрелы. Но госпиталь жил, и коллектив его трудился. Руководил госпиталем с 1940 по 1949 г. Г.Е. Гонтарев. Восстановлен и в госпитальном музее в настоящее время экспонируется список всего персонала госпиталя в годы войны.

Всего за годы войны госпиталь оказал медицинскую помощь, вылечил и возвратил в строй более 21 000 раненых и больных. 31 мая 1944 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за образцовое выполнение заданий командования на фронте борьбы с немецкими захватчиками и проявленные при этом мужество и героизм 1-й Ленинградский военно-морской госпиталь был награжден орденом Ленина.

Нисколько не умаляя заслуги других медицинских учреждений Советской Армии и Военно-Морского Флота в годы войны, а награждено было около 50 из них, отметим, что дважды примененная высшая награда Родины — орден Ленина — выпала на долю только военно-морских госпиталей — Кронштадтского (17 июня 1942 г.) и Ленинградского.

В послевоенный период сотрудники госпиталя, как и весь народ, активно проводили восстановительные работы и закладывали фундамент для дальнейшего развития его лечебно-диагностической и материально-технической базы.

Госпиталем в послевоенные годы руководили опытные военно-морские врачи Ф.И. Синенко (1949–1954), Е.Е. Полищук (1954–1960), К.С. Артеменко (1960–1973), Г.Б. Скляр (1973–1984), В.А. Егоренков (1984–1987), Б.Л. Якимов (1987–1991), Н.М. Хропатый (1991–1999), О.А. Караулов (1999–2003). В на-

стоящее время руководит госпиталем врач высшей категории полковник медицинской службы В.И. Пьянов.

Строительство в 50-х и в 80-х гг. новых корпусов значительно улучшило размещение и оснащение многих подразделений госпиталя, полезная площадь которого увеличилась более чем в два раза. В его составе теперь 22 лечебных коечных отделения, множество диагностических и вспомогательных подразделений, которые позволяют оказывать специализированную помощь на современном уровне.

В 1975 г. на территории госпиталя был сооружен памятник медикам-балтийцам, погибшим в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Ежегодно у подножия этого величественного сооружения в торжественно-траурные дни, посвященные Дню Победы, проводятся митинги, возложение цветов с участием ветеранов войны и труда, сотрудников госпиталя, курсантов и слушателей военно-морских подразделений Военно-медицинской академии, а также учащихся медицинских учебных заведений города.

История развития госпиталя, создания и совершенствования лечебно-лабораторной и материально-технической базы, деятельность его сотрудников, начиная со дня основания и до настоящего времени, отражена в экспозиции музея, созданного в госпитале и открытого для посещения 7 мая 1985 г. Госпиталь теперь, как и встарь, служит учебно-воспитательной базой для новых поколений медиков. Ежегодно здесь проводится лечение до 10 тыс. человек. Среди них — ветераны и воины флота, адмиралы и матросы, героиподводники военного и мирного времени, сотни воинов-афганцев и пострадавших в Чечне.

Госпиталь работает в тесном взаимодействии с гражданским здравоохранением города, ровесником которого он является. За последние годы значительно улучшена материальная база госпиталя. В 1999 г. проведены реорганизационно-штатные мероприятия: организован и развернут кардиологический центр на 100 коек в составе трех отделений, центр сосудистой хирургии, отделения эндокринологии и компьютерной томографии; успешно работает центр анестезиологии и реанимации, а также ряд других диагностических подразделений. И звучат в наши дни современно сказанные 290 лет тому назад при основании нашего славного медицинского учреждения слова — завещание Петра I: «Здесь всякий изнеможенный служивый найдет себе помощь и успокоение...». ■

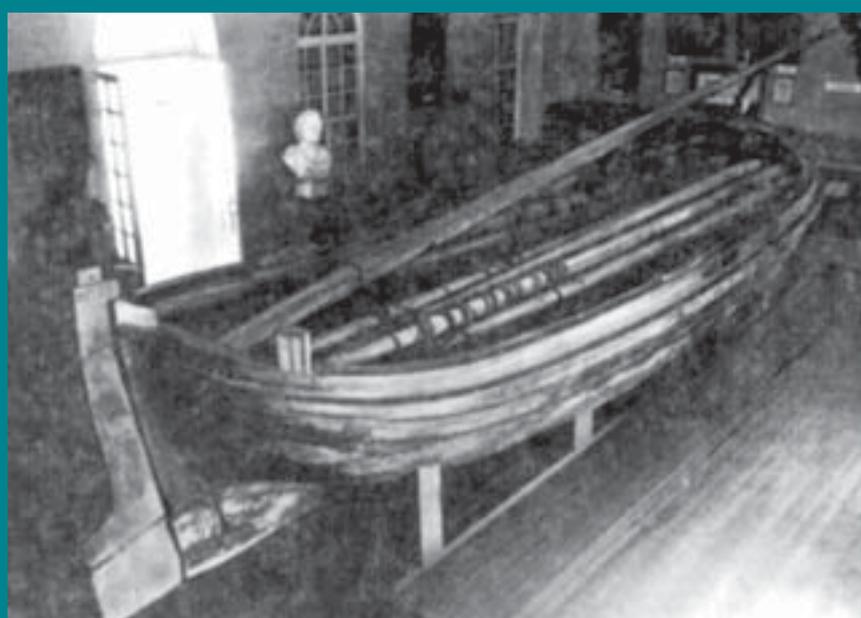
О необходимости сохранения знаменитых кораблей, символизирующих морскую мощь, напоминавших о славных победах, дальних плаваниях и великих открытиях, мечтали многие. Однако создавать условия, необходимые для хранения корабля-памятника в течение долгого времени, было слишком дорого и технически сложно. Корабль проще было построить заново, чем сберечь, так как методы длительного сохранения деревянного судна еще не были разработаны. А когда не было возможности или желания проводить регулярный ремонт, памятник погибал. Поэтому в Западной Европе в XVI–XVIII вв. попытки увековечить прославленные суда, как правило, терпели поражение. Например, не удалось сохранить корабль «Victoria» экспедиции Ф. Магеллана, «Golden Hind» — корабль экспедиции Ф. Дрейка [1]. Голландцы не смогли сберечь корабль «Royal Charles» — трофей своей победы над англичанами в 1667 г. [2]

В России традиция сохранения судов в качестве памятников берет начало с петровских времен. Причем она сразу получила очень широкое распространение, так как Петр I хотел сберечь для потомков любое судно, имеющее историческое значение, и к концу его царствования сохранялось свыше четырех десятков исторических судов.

Французский консул при дворе Петра I А. де Лави писал: «...Господствующей страстью этого монарха [Петра I] является установление своего могущества на море...» [3]. Петр I

## МЕМОРИАЛЬНЫЕ СУДА ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XVIII В.

*С.Ю. Курносков, канд. культурологии,  
Центральный военно-морской музей*



*Бот «Фортуна» Потешной флотилии Петра I*



*58-пушечный корабль «Гото Предестинация». Гравюра А. Шхонебека, 1701 г.*

прекрасно осознавал острую необходимость для России иметь военный и торговый флот. Первый должен был обеспечить безопасность России, а второй — ее процветание. Государь очень гордился успехами своего детища — регулярного Российского Военно-Морского Флота, небезразлична была ему и дальнейшая судьба этих начинаний, он хотел быть уверенным, что последующие поколения россиян будут продолжать его дело. Поэтому никто и никогда в нашей стране не уделял столько внимания сохранению подлинных кораблей — памятников судостроения и флотской истории, как Петр Великий.

Самым старым из существующих в мире кораблей-памятников, является «Дедушка русского флота» — ботик Петра I «Святой Николай» [4]. Построенный в Англии и доставленный в Россию, скорее всего, в 1640-х гг., ботик в 1688 г. был найден молодым царем Петром в Измайлове среди вещей боярина Н.И. Романова. Управляя этим суденышком, он учился судоходному делу. В 1701 г. бот был перевезен в Московский Кремль, где два десятилетия хранился под навесом.



64-пушечный корабль «Ингерманланд» под царским штандартом в августе 1716 г. у о. Борнхольм. С гравюры П. Пикарта «Русский, английский и датский флоты под командованием Петра I у острова Борнхольм в Балтийском море в 1716 г.»

В 1723 г. его доставили в С.-Петербург, и с этого времени ботик находится в Петропавловской крепости. В 1765 г. для его хранения был построен специальный павильон — «Ботный домик» [5]. С 1940 г. он хранится в Центральном военно-морском музее [6].

Петром I были предприняты меры по сохранению «Потешной флотилии», построенной на Плещеевом озере в 1688–1693 гг. Еще в 1702 г. воеводе Переславля-Залесского был отдан приказ суда осмотреть и описать, поднять на берег и сделать над ними защитные кровли [7]. Распоряжение это выполнялось нерадиво. Когда в 1722 г. Петр вновь посетил Переславль, то обнаружил, что корабли его юности разрушаются, ничем не защищенные. Был отдан гневный указ «воеводам Переславльским»: «Надлежит вам беречь остатки кораблей, яхт и галеры, а буде опустите, то взыскано будет на вас и на потомках ваших, яко пренебрегшие сей указ» [8]. В 1723 г. все суда Переславской флотилии, кроме большого корабля: семь яхт и одна галера — были отремонтированы, вытасканы на берег реки Трубеж и поставлены под деревянным навесом. Большой же корабль «Марс» удалось вытащить из воды только до половины. С него сняли такелаж, пушки, якоря и поместили их в амбар. Почти 50 лет простояли эти суда на берегу. В 1783 г. пожар уничтожил почти все их корабли, за исключением бота «Фортуна». В 1803 г. в селе Веськове был сооружен специальный павильон, в котором «Фор-

туна» вместе с пушками и деталями с других судов флотилии сохраняется до наших дней. В XIX в. вокруг павильона вырос целый мемориальный комплекс, посвященный Петру I и рождению Российского флота — Музей-усадьба «Ботик» [9].

На Севере России мемориальным судном стала яхта «Святой Петр», на которой молодой царь Петр Алексеевич совершил свое первое морское плавание, выйдя в 1693 г. в Белое море из Архангельска. Правда, официального письменного распоряжения о сохранении яхте пришлось дожидаться почти 30 лет (для деревянного судна это очень долгий срок). Лишь 28 мая 1722 г. последовал приказ генерал-прокурора П.И. Ягужинского о его сбережении. Яхта была поставлена на берегу речки Повракулки, но из-за ветхости в 1729 г. ее разобрали [10].

Петр I пытался сохранить в качестве памятников и лучшие корабли Азовского флота — первого боевого соединения российских военно-морских сил, в том числе галеас (парусно-гребной фрегат) «Апостол Петр». Построенный в 1696 г., этот корабль участвовал во втором Азовском походе, который закончился взятием у турок крепости Азов — первой крупной победой Петра I.

Корабль «Крепость» в 1699 г. был отправлен в Стамбул с посольством, заключившим с Турцией мирный договор [11]. По

сути, это было первое дальнее морское плавание русского военного судна. В мае 1709 г. Петр издал указ о сохранении этого корабля «для славы, что был в Константинополе». Чтобы исполнить повеление и хоть как-то уберечь корабль от порчи, его вытащили на берег, однако это не помогло — «Крепость» пришла в негодность уже к 1711 г.

Лучшими кораблями Азовского флота были «Гото Предестинация» («Божье Предвидение») и «Ластка», в строительстве которых участвовал сам Петр I. Весной 1711 г. царь повелел «Предестинацию», «Ластку», а также «Апостола Петра» «за первенство, хотя и будут худы, без указа не ломать и принять все меры к их сбережению» [12]. Еще ранее, в 1706 г., для сохранения 58-пушечной «Гото Предестинации» был сделан специальный «ящик» (прообраз плавучего дока), который предохранял днищевую часть корабля [13]. Однако неудачный Прутский поход 1711 г. решил судьбу Азовского флота. «Гото Предестинацию» и «Ластку» пришлось продать Турции, а галеас «Апостол Петр» и 52-пушечный корабль «Крепость», пришедшие в ветхость, были просто оставлены туркам.

В 1701 г. у России появились первые мемориальные трофейные корабли. В том году шведская эскадра командора К.Х. Леве подошла к устью Северной Двины. 25 июня 1701 г. три судна вошли для разведки в Двину. Но два из них — шнява «Мьёхунден» и галиот «Фалькен» — сели на мель в непосредственной близости от русских батарей Ново-Двинской крепости, были оставлены командами и захвачены русскими солдатами. Впервые в Северной войне в качестве трофеев фигурировали военные суда и 13 пушек [14]. 19 июля 1701 г. последовал



14-пушечная шнява «Мункер». С гравюры П. Пикарта, ок. 1711 г.



*Взятие шведских шнявы «Астрильд» и бота «Гедан» у устья Большой Невы 7 мая 1703 г. Гравюра А. Ф. Зубова (?), 1726 г.*

приказ Петра I о снятии с мели и починке шведских кораблей, что и было исполнено к 8 октября 1701 г. (шняву сняли с мели еще к 28 июня, не дожидаясь распоряжения царя) [15]. Они были поставлены на зимовку в р. Повракулку.

В 1702 г. Петр I прибыл в Архангельск. Отправляясь на верфь, где готовили к торжественному спуску два малых фрегата, Петр вместе с царевичем Алексеем, голландским и польским посланниками и свитой проплыл по Двине «на полоненом шведском фрегате». Этот факт упомянут в труде В.В. Крестинина «Исторический опыт о внешней торговле госуда-



*Полумодель 14-пушечной шнявы «Астрильд», Центральный военноморской музей*



*Флагманский корабль Н. Эреншельда — прам «Элефант». С гравюры Г. Девита, 1714 г.*

ря императора Петра Великого от 1693 года по 1719 год» [16]. Под «фрегатом» автор, скорее всего, подразумевал шняву «Мьехунден». Для этого краткого плавания царь выбрал трофейный корабль, желая подчеркнуть крепнущую мощь России. Этот переход по Двине стал, по сути, первым триумфальным водным парадом Северной войны.

Восстановленные шнява «Мьехунден» и галиот «Фалькен» по приказу Петра I находились на стоянке близ Архангельска. Первоначально их предполагали использовать в оборонительных целях. Однако в море они, по-видимому, не выходили, были разоружены и впоследствии долго сохранялись уже как вещественное доказательство победы над шведами. К сожалению, дальнейшая судьба этих трофейных кораблей остается неизвестной. Но три пушки, захваченные в бою у Ново-Двинской крепости, сохранились и находятся сейчас в Архангельском областном краеведческом музее [17].

Первым крупным кораблем зарождавшегося Балтийского флота стал фрегат «Штандарт», построенный в 1703 г. на Олонецкой верфи и в том же году отправившийся в строящийся Санкт-Петербург под командованием капитана Петра Михайлова [Петра I]. В 1705 г. фрегат участвовал в баталии со шведами при Кроншлоте. В 1711 г. был отремонтирован, но с 1716 г. в море уже не выходил — его берегли, а в 1719 г. поместили на хранение в Кронверкскую протоку у Санкт-Петербургской крепости. Здесь по приказу Петра I он должен был сохраняться вечно как первенец флота и памятник отечественного кораблестроения [18].

Самым любимым кораблем Петра Великого был, пожалуй, 64-пушечный «Ингерманланд». Построенный в 1712–1715 гг. в Санкт-Петербургском Адмиралтействе и отличавшийся великолепными мореходными качествами, он стал флагманским кораблем государя. В 1716 г., находясь на нем, Петр командовал соединенным русско-английско-датско-голландским флотом в



*Полумодель фрегата «Олифант» («Элефант»), захваченного в Гангутском сражении 1714 г., Центральный военно-морской музей*

походе против Швеции. С 1724 г. «Ингерманланд» хранился в гавани о. Котлин, ибо Петр в 1723 г. заявил, что не хочет выводить его более в плавание, желая «сохранить его для вечного воспоминания... чтоб он со временем не пострадал как-нибудь в море», так как он «командовал на этом корабле четырьмя флотами» [19].

Петр I сам просматривал списки судов и определял их дальнейшую судьбу. Так, 10 апреля 1719 г. он наложил резолюцию: «Починить» не только против фрегатов «Штандарт», «Элефант» и бота «Гедан», помещенных в донесении с пометой: «Сим можно после починки в море ходить», но и против шняв «Мункер» и «Астрильд», которые квалифицировались, как «во всем негодные» [20]. Петр I преследовал не только утилитарную цель сохранения боевых единиц флота. Шнява «Мункер» – один из первых кораблей Балтийского флота, построенная в 1703–1704 гг. при деятельном участии Петра [21]. «Гедан» и «Астрильд» были в 1703 г. захвачены в бою отрядом, одним из командиров которого был сам царь. Прам (в русском флоте – гребной фрегат) «Элефант» был трофеем Гангутского сражения 27 июля 1714 г. (в этом сражении Петр I командовал авангардом – передовой частью русского гребного флота).

Таким образом, царь стремился эти корабли сохранить как «вещественные свидетельства» и славной истории Российского флота, и своих собственных побед.

После морской победы при Гангуте Петр I повелел «хранить вечно» взятые в плен неприятельские суда. Такой же приказ последовал и в 1720 г.

после боя у Гренгама. В ходе Северной войны Российским флотом было захвачено 66 судов [22]. Как правило, их включали в состав действующего флота, нуждавшегося в дополнительных боевых единицах, но по мере устаревания корабли – трофеи наиболее



*Торжественный ввод в Санкт-Петербург взятых в плен шведских фрегатов 8 сентября 1720 г. Гравюра А. Ф. Зубова, 1720 г.*

славных викторий исключались из состава боевого ядра флота. Сохранились свидетельства о сохранении 25 трофейных шведских судов, их пушек или специально изготовленных моделей, увековечивавших облик корабля.

Своеобразным мемориалом русской морской славы, «гаванью исторических кораблей» при Петре I

стала Кронверкская протока у Заячьего острова. Здесь хранилось большинство «достопамятных» судов. Эти «памятные» корабли находились и в Кронштадтской гавани (например, «Ингерманланд»). По мнению историка П.А. Кротова, начало петербургскому мемориалу русской морской славы положил указ Петра I от 17 января 1724 г., которым определялось: «Корабль “Штандарт”, шнявы “Мункер” и “Наталию” и фрегат “Олифант” содержать» [23]. В мае того же года Адмиралтейств-коллегия распорядилась послать плотников для подготовки фундаментов для установки на берегу «Элефанта» и шняв [24], а к сентябрю 1724 г. фундамент для «Элефанта» уже был готов [25].

После кончины императора-реформатора «птенцы гнезда Петрова» пытались продолжать его политику по сохранению исторических судов и пропаганде морских побед [26]. 1 декабря 1727 г. последовало решение Адмиралтейств-коллегии об исторических судах, подтверждавшее петровские распоряжения [27]. Но в эпоху деревянного судостроения меры по консервации судов были немногочисленны. Из кораблей, которые сохранялись в Кронверкской протоке «как редкость» и «для плезира», но уже не могли «в море ходить», было организовано постоянное откачивание воды. При этом на них имелся «немалый караул», прежде всего для охраны от пожара. Кроме того, суда вытаскивали на берег и помещали в «сарай» (ангар) для хранения под крышей (что было невозможно сделать с крупнейшими во-



*Полумодель 18-пушечного фрегата «Данск-Эрн», захваченного в Гренгамском бою 1720 г., Центральный военно-морской музей*

енно-морскими судами — линейными кораблями. Такие корабли хранили на воде, соорудив над верхней палубой «оградительную крышку», защищавшую от атмосферных осадков; сохранение «Гото Предестинации» в подобии плавучего дока — редчайшее исключение.

Разгружали корпуса судов — и вооружение и снаряжение, включая рангоут и такелаж, хранились отдельно; регулярно тщательно проветривали и конопатили корпуса судов.

С 1728 г. большинство исторических судов у Кронверка хранилось на берегу разгруженными, с обеспечением вентиляции корпуса [28]. Но ничто не властно над временем. Ни принятые меры по сохранению судов, ни жесткие указы не уберегли корабли-памятники Петровской эпохи. Флот постепенно начал приходить в упадок, а вместе с ним — и корабли-памятники. Так, в 1729–1730 гг. был разобран пришедший в полную ветхость, полузатонувший «Штандарт», которого из-за размеров не смогли вовремя вытащить на берег. К 1737 г. в Кронверкской гавани еще хранились 17 трофейных шведских кораблей и до десятка исторических судов русской постройки, но все они были в крайне ветхом состоянии, а некоторые буквально разваливались «от гнилости». Адмиралтейств-коллегия передала доклад о состоянии кораблей-памятников на окончательное решение в «кабинет Ея Императорского Величества», предложив «за крайнюю к содержанию помянутых судов невозможностию... оныя суда разобрать, а вместо них сделать для памяти модели» [29]. 1 ноября 1737 г. стало известно, что это предложение утвердила императрица Анна Иоанновна. В списке сохранившихся до 1737 г. шведских кораблей числились трофеи боя в устье Невы в 1703 г. (шнява «Астрильд» и бот «Гедан»), Гангуской баталии 1714 г. (фрегат «Элефант» и шесть галер), Эзельского боя 1719 г. (фрегат «Карлскрон-Вапен»), Гренгамского боя 1720 г. (фрегат «Данск-Эрн»), галиот «Эвва-Элеонора» (захвачен в 1712 г.), шнява «Крефт» (захвачена в 1712 г.), шнява «Полукс» (захвачена в 1717 г.), а также три бота — скорее всего, шхерботы «Флюдра», «Симпан» и «Мортан», взятые в Гангуском сражении, но, может быть, имелся в виду и бот «Эсперн», захваченный еще в 1706 г. в Выборгском заливе.

Это было уникальное собрание мемориальных судов, запечатлевшее практически все русские морские победы Северной войны, коллекция, не имевшая еще аналогов в истории. В Кронверкской гавани продолжали храниться и исторические суда российской постройки (шнява «Мункер»,

яхты, буеры и др.). В мире столь полные коллекции мемориальных судов стали собирать лишь спустя почти два с половиной века, в 1950–1980-е гг.

Однако и после решения об уничтожении памятных судов мемориал русской морской славы продолжал существовать. Адмиралтейств-коллегия уже не могла изменить утвержденное императрицей решение, но и ломать мемориальные корабли не спешила. Лишь в 1742 и 1743 гг. последовали повторные распоряжения о разборке исторических кораблей. В числе последних (после 26 октября 1743 г.) была разобрана шнява «Мункер», причем к этому времени она развалилась настолько, что корпус шнявы нельзя было обмерить [30] и, следовательно, изготовить модель.

Модели, сделанные «для памяти» об исторических кораблях, передавали в Санкт-петербургскую Модель-камеру. В Центральном военно-морском музее, наследнике Модель-камеры, сохранилось 14 моделей и полумоделей шведских кораблей — трофеев Северной войны [31].

К 1735 г. пришедший в ветхость корпус «Ингерманланд» прогнил и, пострадав во время наводнения, наполнился водой и сел на мель в Кронштадтской гавани. Было решено «за гниlostию разломать его, а для памяти, каков он пропорциею, сделать модель» [32]. В 1741 г. полузатопленный корабль был разобран. Впрочем, еще в 1733–1735 гг. был построен новый линейный корабль под названием «Ингерманланд». Реликвия исчезла, но остались имя и память. В дальнейшем передача имени прославленного корабля новому военному судну стала в Российском флоте традицией.

Была попытка сохранения исторического корабля не по указу Петра Великого, а в память о самом императоре. 29 июня 1723 г. Петр I собственноручно заложил спроектированный им первый 100-пушечный корабль Российского флота [33]. Самый большой корабль того времени воплощал в себе лучшие достижения отечественного кораблестроения, не уступал европейским по техническому уровню, а по отдельным решениям не имел равных в мире. Спустили на воду его в 1727 г., уже во время царствования Петра II. Поэтому, подчеркивая преемственность власти, корабль нарекли «Петр I и II». Шло время, огромный корабль старел. Заботясь о сохранении творения Петра I, Адмиралтейств-коллегия поручила корабельным мастерам его осмотреть. Их выводы были неутешительны: «От ветхости и от тяготы корпус весьма много перегнуло и некоторые корабельные члены погнили» [34]. Даже стоя в гавани, «Петр I и II» мог существовать не более пяти лет. Три

года, с 1740 по 1742 г., обсуждался вопрос, как отремонтировать такой огромный корабль, и, наконец, было принято решение сделать по образцу «ящика»-дока для «Гото Предестинации» большой плавучий док [35]. Док начали строить в 1743 г., а в 1744 г. ввели в него «Петра I и II» и проконопатили корпус корабля. Стоящий в плавучем доке в Кронштадте корабль был обследован: его состояние оказалось хуже, чем предполагали. «Годных лесов» (деталей) насчитали только 101, 3088 деталей корпуса требовали замены [36], т.е. корабль сгнил почти весь. 10 апреля 1746 г. на заседании Адмиралтейств-коллегии было решено, «что оный корабль починить никак невозможно и дешевле стать может новый» [37]. В память же о корабле было предложено сделать две модели, одну из которых хранить в Модель-камере, а вторую — при Академии наук [38] (в Мемориальном кабинете Петра Великого, среди моделей кораблей из его личной коллекции). Однако императрица Елизавета отложила принятие решения, так как желала сама осмотреть корабль. Храня память об отце, она не желала топиться, к тому же ей хотелось с высоты борта огромного корабля полюбоваться Кронштадтом. Эта возможность ей представилась только в августе 1752 г. А 21 сентября 1752 г. появился указ о том, что «корабль “Петр I и II” за ветхостью разломать и построить новый» с теми же пропорциями, для чего корабельному мастеру А. Сутерланду «учинить чертеж», а для «сохранения памяти» сделать две модели [39]. Корабль был разобран в том же 1752 г. [40], а новый 100-пушечный корабль, получивший название «Св. Дмитрий Ростовский», был построен А. Сутерландом по слегка переработанным чертежам «Петр I и II» в 1756–1758 гг.

Так, при преемниках Петра I все крупные корабли — памятники истории флота и судостроения — были утрачены. Технические возможности того времени просто не позволяли полностью выполнить замысел Петра Великого о сохранении памятных судов. Но нельзя сказать, что усилия пропали даром, хотя бы потому, что срок существования этих кораблей был продлен в среднем в полтора-два раза и их смогло увидеть послепетровское поколение россиян. К тому же эта судьба не коснулась малых судов. В Астрахани хранились два петровских судна: плезир-яхта (прогулочная яхта, от франц. *plaisir* — развлечение) и лодка-верейка (разъездная шлюпка). Они были построены в 1722 г. в Казанском Адмиралтействе и в том же году доставлены в Астрахань, где создавалась флотилия для задуманного Петром I похода к берегам Персии. На

них государь неоднократно совершал плавания в окрестностях Астрахани, а на plezier-яхте проводил в июне 1722 г. смотр Каспийской флотилии перед отправкой в Персидский поход. В память о пребывании императора в Астрахани яхту и верейку передали в Астраханское Адмиралтейство, где они хранились и были доступны для публичного обозрения [41]. Эти реликвии погибли в 1919 г. во время мятежа в Астрахани.

В селении Дубно близ Новой Ладоги долгое время хранился еще один ботик Петра, названный «Новоладожским», на котором царь в 1719 г. осматривал работы по строительству Ладожского канала [42]. Этот ботик был утрачен уже в 1930-е гг. Но уцелели ботики «Св. Николай» и «Фортуна». А в музее «Домик Петра I» в Петербурге до сих пор хранится лодка-верейка, построенная, по преданию, самим Петром I [43]. Она была установлена рядом с домиком после смерти императора.

Заложенная в России Петром I традиция сохранения исторических судов не утрачена, но никогда более, к сожалению, не получала такого широкого распространения.

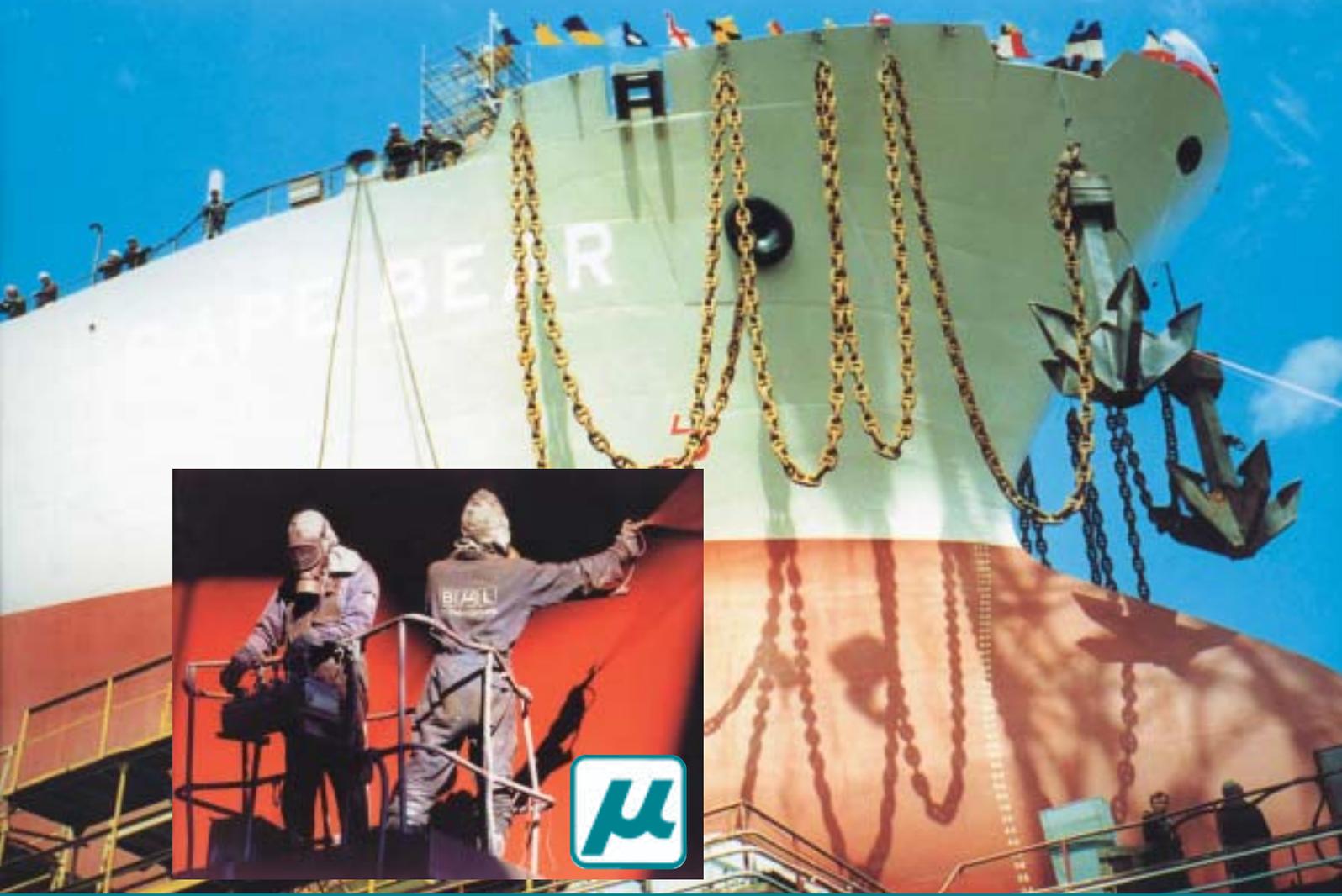
## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Р.М. Корабли-памятники // Человек, море, техника'87. – Л.: Судостроение, 1987. – С. 302.
2. Ховарт Д. Боевые парусники. – М., 1998. – С. 158.
3. Цит. по: Холодили А.Н. Петр Великий – кораблестроитель. – СПб., 1998. – С. 77.
4. Предисловие к доброхотному читателю // Книга Устав Морской [Репринт издания 1763 г.]. – СПб., 1993. – С. 8.
5. Бастарева Л.И., Сидорова В.И. Петропавловская крепость: Путеводитель. – Л., 1989. – С. 68–69; Веселаго Ф.Ф. Сведения о ботике «Дедушка русского флота» за 200 лет с 1688 по 1888 год. – СПб., 1888. – 43 с.
6. Левченко Б.П. Ботик Петра Первого // Судостроение. – 1972. – № 1. – С. 57–58; Ларионов А.Л. Ботик Петра I // Судостроение. – 1976. – № 7. – С. 59–64; Стрелов А. Пушки «дедушки русского флота» // Морской сборник. – 1988. – № 12. – С. 75–77; Ларионов А.Л., Перовский Е.П., Афанасьев С.И. Ботик Петра Великого и его модель-реконструкция. – Тр. Государственного музея истории Санкт-Петербурга. – СПб., 1997. – Вып. II. – С. 78–87.
7. Цит. по кн.: Гирс И.В., Фаворов Б.П. «Потешная» флотилия Петра // Судостроение. – 1972. – № 6. – С. 73.
8. Полное собрание законов Российской империи. – Т. IV. – СПб., 1830. – С. 510.
9. Пауфилов В. На Плещеевом озере // Советский музей. – 1992. – № 5. – С. 13; Ямщикова Н.Б. История Музея Ботик Петра I // Всеросс. науч. конфер. «Когда Россия молодая мужала с гением Петра», посвященная 300-летию юбилею отечественного флота. Переяславль-Залесский, 30 июня – 2 июля 1992 г.: Тез. докладов. Переяславль-Залесский – Ростов, 1992. – С. 69–70.
10. Брызгалов В.В., Попов Г.П. Яхта «Святой Петр» // Всеросс. науч. конфер. «Когда Россия молодая мужала с гением Петра»... С.16–18.
11. История отечественного судостроения. – В 5 т. – Т. I. – СПб., 1994. – С. 80–81.
12. Крайнюков В.Г. Первенец Воронежской верфи // Судостроение. – 1986. – № 10. – С. 61.
13. Вахарловский Г.А., Крайнюков В.Г. Первый русский плавучий док // Гангут. – 1992. – Вып. 3. – С. 4, 8.
14. Беснятых Ю.Н. История знаменитого сражения: Шведская экспедиция на Архангельск в 1701 г. Архангельск, 1990. – С. 41–42, 67–80, 103; Тревожные годы Архангельска. 1700–1721: Документы по истории Беломорья в эпоху Петра Великого / Изд. подгот. Ю. Н. Беснятых, В. В. Брызгалов, П. А. Кротов. Архангельск, 1993. С. 100–102.
15. Тревожные годы Архангельска... С. 141, 152.
16. Крестинин В.В. Исторический опыт о внешней торговле государя императора Петра Великого от 1693 года по 1719 год // Месяцеслов исторический и географический на 1795 год. – СПб., (6. г.) С. 52; Тревожные годы Архангельска... – С. 382.
17. Беснятых Ю.Н. Указ. соч. – С. 86.
18. Материалы для истории русского флота (далее – МИРФ). – Ч. V. – СПб., 1875. – С. 503.
19. История отечественного судостроения. – Т. I. – СПб., 1994, с. 133; Ден Д. История Российского флота в царствование Петра Великого. – СПб., 1999, с. 188–189; Чернышев А.А. Российский парусный флот: Справ. – В 2 т. – Т. 1. – М., 1997, с. 39–40.
20. Холодили А.Н. Указ. соч. – С. 106.
21. Крайнюков В.Г. Петровский корабель Иван Немцов // Морской исторический сборник. 1992. – Вып. 3. – С. 58–63.
22. Список русских военных судов с 1668 по 1860 год / Под ред. Ф.Ф. Веселаго. СПб., 1872. С. 734–739; Данилов А.М. Линейные корабли и фрегаты русского парусного флота. – Минск, 1996, с. 186–187, 192–193.
23. МИРФ. Ч. IV. СПб., 1867. С. 617. Впервые собрание исторических судов в Кронверкской протоке «Мемориалом русской морской славы» назвал П.А. Кротов. См.: Кротов П.А. Мемориал русской морской славы // Блокнот агитатора. – Л., 1986. – № 32. – С. 46–55; Кротов П.А. Строительство Балтийского флота в первой четверти XVIII века: Автореф. дис. канд. ист. наук. – Л., 1987, с. 16.
24. МИРФ. – Ч. IV. – СПб., 1867, с. 645.
25. Кротов П.А. Гангутская баталия 1714 года. – СПб., 1996, с.198; РГАВМФ. – Ф. 218. – Оп. 1. – Д. 200. – Л. 353.
26. МИРФ. – Ч. V. – СПб., 1875, с. 503, 527–528.
27. Там же, с. 526–528.
28. Там же, с. 587.
29. МИРФ. – Ч. VIII. – СПб., 1880, с. 379.
30. РГАВМФ. – Ф. 212. – Оп. 7. – Д. 274. – Л. 278–278 об.; Кротов П.А. Гангутская баталия 1714 года. – СПб., 1996. – С. 199–200.
31. Каталог моделей Центрального военно-морского музея. – Л., 1960. – С. 282–285.
32. МИРФ. – Ч. IX. – СПб., 1882, с. 20.
33. РГАВМФ. – Ф. 223. – Оп. 1. – Д. 23. – Л. 248.
34. МИРФ. – Ч. VIII. – СПб., 1882, с. 569.
35. Вахарловский Г.А., Крайнюков В.Г. Первый русский плавучий док // Гангут. – 1992. – Вып. 3. – С. 4–5.
36. МИРФ. – Ч. IX. – СПб., 1882, с. 590.
37. Там же.
38. Там же, с. 596.
39. Вахарловский Г.А., Крайнюков В.Г. Указ. соч., с. 11.
40. МИРФ. – Ч. X. – СПб., 1883, с. 332.
41. Марков А.С. Петр I и Астрахань. Астрахань, 1994. – С. 88–94; Чепелев В.Р. Лодка-верейка и plezier-яхта Петра I // Судостроение. – 1992. – № 4. – С. 50–52; Чепелев В. Плещеев-яхта и верейка императора // Морской сборник. – 1996. – № 9. – С. 89–91.
42. Пыляев М.И. Забытое прошлое окрестностей Петербурга / Ред. В.А. Витязева. СПб., 1996. С. 103; Лермонтова М. Паруса под крышей // Санкт-Петербургские ведомости. – 1999. – № 136 (24–30 июля).
43. Зязева Л.К. Домик Петра I: Путеводитель по музею. Л., 1983. С. 54–55. ■



# 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](mailto:mmf@spb.cityline.ru)

# Where in the world

will you meet the shipowners

operating a fleet of almost 4,000 vessels of 140 million dwt, 20% of world shipping, the largest fleet under the control of any one national group ordering in excess of 350 newbuildings worth US\$14 billion, over 18% of the world total in value spending some US\$8 billion annually on fleet modernisation, maintenance service and supply

and joined by  
the global community of maritime nations

**only at**  
**Posidonia**



**РОССИЙСКИЙ РАЗДЕЛ**

[www.posidonia.setcorp.ru](http://www.posidonia.setcorp.ru)

**5 – 9 июня, 2006**    **5 – 9 June, 2006**

**ПИРЕЙ ГРЕЦИЯ**    **PIRAEUS GREECE**

ЗАО "Транстех Нева Эксбишнс"  
199106, С.Петербург, В.О., Большой пр., 103., ЛЕНЭКСПО  
тел.: (812) 321 2676, 321 2817; факс: (812) 321 2677  
e-mail: transtec-neva@setcorp.ru



# Современные средства воспроизводства и использования водных биоресурсов

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ РАЗДЕЛ

## • Судостроение • Флот рыбной промышленности

- производство судового оборудования и механизмов
- техническая эксплуатация флота
- судоремонт
- системы навигации, связи, судовая электроника
- поиск и позиционирование
- классификация, регистр, страхование,
- порты, терминалы, транспортировка
- складирование и переработка грузов
- безопасность мореплавания

[www.inrybprom.setcorp.ru](http://www.inrybprom.setcorp.ru)

20–23 июня 2006



Дирекция выставки:  
Россия, Санкт-Петербург, Ленэкспо  
тел.: +7(812) 321-26-76, 321-28-17  
факс: +7(812) 321-26-77  
e-mail: transtec-neva@setcorp.ru

International Enquiries to  
Dolphin Exhibitions Ltd. UK  
phone: +44 1449 741801  
fax: +44 1449 741628  
e-mail: info@dolphin-exhibitions.co.uk

Четвертая международная Евро-Азиатская конференция по транспорту  
The fourth international Euro-Asian transport conference

26-27 сентября 2006 г.

steering committee  
EURO-ASIAN  
TRANSPORT  
UNION



управляющий комитет  
ЕВРО-АЗИАТСКИЙ  
ТРАНСПОРТНЫЙ  
СОЮЗ

# ОТРАНСТЕК

25–28 сентября 2006 г.

8-я международная  
многоотраслевая  
выставка

«Транспорт  
и международный транзит»

[www.transtec.setcorp.ru](http://www.transtec.setcorp.ru)

РОССИЯ

Санкт-Петербург

тел.: +7(812) 321-26-76,

(812) 321-28-17,

(812) 321-26-77

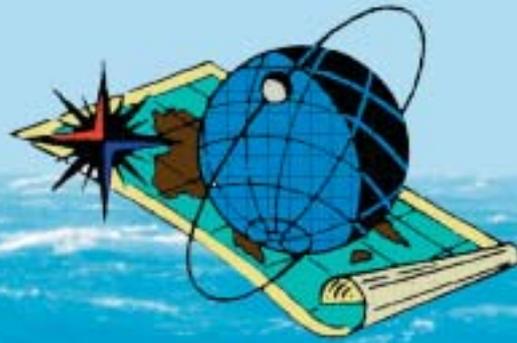


Ленэкспо

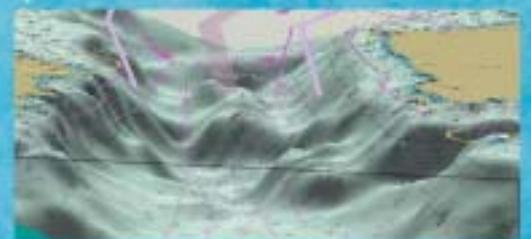
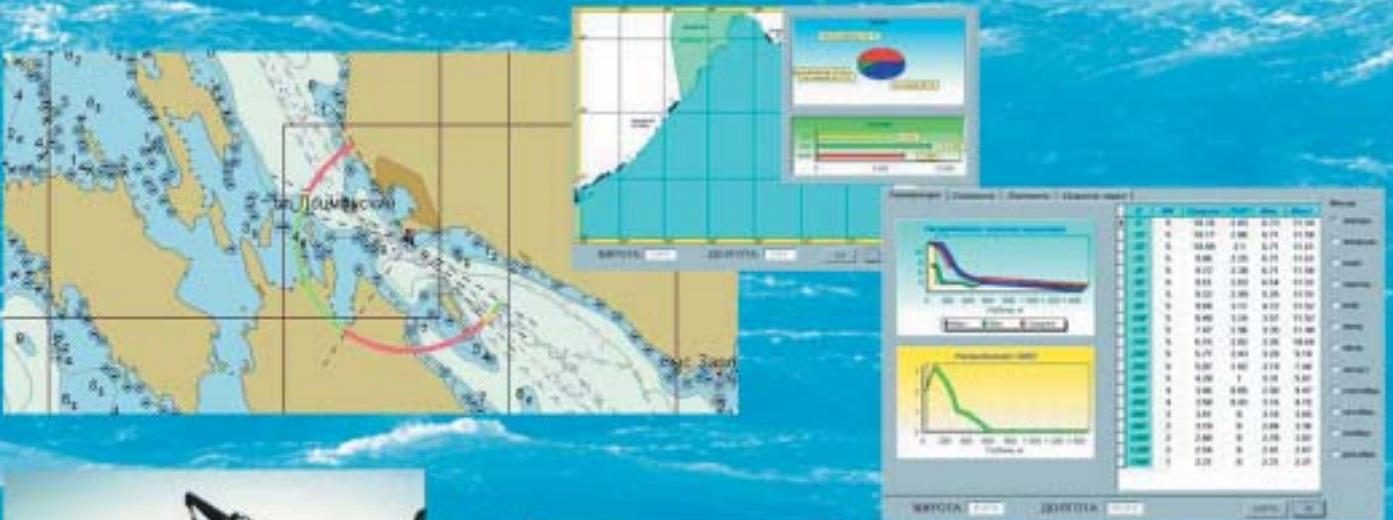


РНД партнер





**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](mailto:gningi@navy.ru)



# ФГУП "ЦНИИ "Курс"

- оптимизация совместного функционирования корабельных средств
- оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств кораблей
- системы управления движением судов
- авторулевые на основе спутниковых навигационных систем
- программные комплексы полунатурного и имитационного моделирования корабельного вооружения
- тренажерные комплексы
- средства наглядного представления информации на объемном картографическом фоне
- электронные трехмерные макеты технических систем, объектов, зданий, сооружений
- компьютерная графика в видеофильмах, презентациях, полиграфической продукции



ЦНИИ "КУРС"

Москва, ул.Кирпичная,д.34А

т.(095)365-1153

факс(095)365-4314

[www.kyrs.ru](http://www.kyrs.ru) [mail@kyrs.ru](mailto:mail@kyrs.ru)