СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039–4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ

№ 5
2015
сентябрь–октябрь

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Российское научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области
Центр технологии судостроения и судоремонта

СУДОСТРОЕНИЕ

5•2015
(822) сентябрь–октябрь

Издается с сентября 1898 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Алешкин А. Н. — генеральный директор АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», президент Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленобласти

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Александров В. Л. — президент НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Дорофеев В. Ю. — генеральный директор АО СПМБМ «Малахит»
Жарков Н. С. — генеральный директор ОАО «Завод «Красное Сормово»
Климовский С. Д. — ученый секретарь Центрального военно-морского музея
Клячко Л. М. — генеральный директор ОАО «ЦНИИ «Курс»
Никитин В. С. —генеральный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
Осипов В. А. — генеральный директор ОАО «Концерн «Морское подводное оружие — Гидроприбор»
Пешехонов В. Г. — генеральный директор ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
Пялов В. Н. — генеральный конструктор АО «СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — первый вице-президент АО «Объединенная судостроительная корпорация»
Шаталов В. В. — генеральный директор ОАО «КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — генеральный директор АО «ЦМКБ «Алмаз»
Юхнин В. Е. — генеральный конструктор ОАО «Северное ПКБ» в1979—2012 гг.

ДИРЕКТОР РЕДАКЦИИ — ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Хаустов А. Н., тел. (812) 7860530, факс: (812) 7860459
e-mail: haustov@sstc.spb.ru

РЕДАКТОР ОТДЕЛА
Афонин Н. Н., тел. (812) 7861609
e-mail: afonin@sstc.spb.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
Васильев А. А., Веселков В. В., Гаврилюк Л. П., Герасимов Н. И., Гуткин Ю. М., Куклин О.С., Лямин П. Л., Михайлов В. С., Никитин В. А., Плотников А. М., Рыманов В. Ф., Суздалев И. В., Смирнов В. И.

АДРЕС РЕДАКЦИИ
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7
e-mail: inbox@sstc.spb.ru
www.sstc.spb.ru/publications
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ
АО «ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА»
www.sstc.spb.ru

© Журнал «Судостроение», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 3
«Прогресс» — движение вперёд! 4
Спуск на воду СКР «Адмирал Макаров» 12
Дизайн-проект атомохода «Лидер» 12

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ
Замуков В. В., Некрылова Ю. С. О структуре системы управления ядерной энергетической установкой атомной подводной лодки и её месте в составе комплексной системы управления техническими средствами корабля 13
Катанович А. А. Перспективы создания автоматизированного корабельного комплекса светосигнальной связи 15
Сагайдаков Ф. Р., Чернецова Н. А., Гурьянов С. К. Зарубежные ВМС. Современное состояние и перспективы развития эскадренных миноносцев 18

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ
Костылев А. И., Сазонов К. Е. Метод расчета сопротивления судна при работе набегами 24
Чулков А. М., Семенов А. А. О критериях эффективности принимаемых решений при проектировании траулеров, совмещающих добывающие и обрабатывающие функции 27
Баширов Р. Д., Керимли Р. А. Системный анализ и критерии оптимизации верхнего строения многоцелевого кранового судна 31

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
Шатровский Д. А. Перспективные энергетические установки большой мощности для морских судов 33

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Гринёва А. О., Тепляков М. В., Хазиева М. Д. О тепловых потерях в трансформаторе с разделяемым сердечником 36
Волкова Н. В., Голованов В. И., Никишов С. Ю., Куличкова Е. А. Результаты экспериментальных исследований влияния способа подкачки пневматических амортизаторов на их жёсткостные характеристики 38
Медведев В. В., Лакиза М. В. Интенсификация теплообмена в трубном пространстве и повышение надежности судовых теплообменных аппаратов 40

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ
Ерёмин А. М., Никитин В. А., Гольнев В. А. Автоматы для стыковой сварки толстостенных корпусных конструкций 43

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ
Кравчишин В. Н., Кабанов Д. Б., Шевяхов В. Н. Нормирование труда — инструмент управления производством 47

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ
Сутырин В. И. Логистические аспекты автоматизированного инженерного анализа в системе технического обслуживания и ремонта судовых корпусных конструкций 51
Османов В. О., Дроботов Г. Г., Амиров А. Г., Османов М. И. Диагностика технических средств на судах транспортного флота ЗАО «АКМП» 58

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ
Савиновский В. Г. Судно на воздушной подушке «Сормович» (61). **Хаустов А. Н.** «НЕВА 2015»: 25 лет успеха! (62). ЦНИИ СЭТ — полвека развития судовой электротехники (66). Зарубежная информация (70). Корвет назван именем героя (32). Новые книги (60)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА
Йолтуховский В. М. Тральщики ВМФ СССР в предвоенные и военные годы 73
Кузнецов Л. А. Речные мониторы типа «Левачёв» 78

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

The A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders
The Shipbuilders' Association of St Petersburg and Leningrad Region
The Shipbuilding & Shiprepair Technology Center

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

5•2015
(822) September–October

Published since September 1898

CONTENTS

AT SHIPBUILDING YARDS 3

«Progress» — movement forward! 4

Launching ship «Admiral Makarov» 12

Design of nuclear-powered icebreaker «Leader» 12

NAVAL SHIPBUILDING

Zamukov V. V., Nekrylova Yu. S. Structure of nuclear power plant control system at nuclear powered submarine as part of complex control system for submarine's technical equipment 13

Katanovich A. A. Prospects for creation of automated lamp communication system onboard the ship 15

Sagaidakov F. R., Chernetsova N. A., Guryanov S. K. Foreign Navies. Current state and development prospects for destroyers 18

CIVIL SHIPBUILDING

Kostylev A. I., Sazonov K. E. Calculation of ship resistance for hit-and-run operation 24

Chulkov A. M., Semenov A. A. Efficiency criterion of design solutions for fish processing trawlers 27

Bashirov R. D., Kerimli R. A. System analysis and optimization criterion for superstructure of multipurpose crane vessel 31

SHIP POWER SYSTEMS

Shatrovsky D. A. Advanced high-power plants for sea-going vessels 33

SHIPBOARD EQUIPMENT

Grinyova A. O., Teplyakov M. V., Khazieva M. D. Practical experience and issues of wireless power transfer 36

Volkova N. V., Golovanov V. I., Nikishov S. Yu., Kulichkova E. A. Experimental survey: swapping methods and their influence on air damper hardness 38

Medvedev V. V., Lakiza M. V. Intensification of heat exchange and improvement of reliability of shipboard heat exchangers 40

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY

Eryomin A. M., Nikitin V. A., Golnev V. A. Welding machines for butt welding of heavy-wall hull structures 43

ECONOMY AND FINANCES

Kravchishin V. N., Kabanov D. B., Shevyakhov V. N. Labor setting as part of production management 47

SHIPREPAIR AND UTILIZATION

Sutyrin V. I. Logistic aspects of automated engineering analysis in maintenance and repair system for hull structures 51

Osmanov V. O., Drobotov G. G., Amirov A. G., Osmanov M. I. Diagnostics of technical facilities of transport vessels of «AKMP» 58

INFORMATION SECTION

Savinovsky V. G. Hovercraft «Sormovich» (61). **Khaustov A. N.** NEVA 2015: 25 yars of success! (62). TSNII SET — 50 years of shipboard electrical engineering development (66). Foreign information (70). Corvette named after the hero (32). New books (60)

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Yoltukhovsky V. M. USSR Navy trawlers before and during the war 73

Kuznetsov L. A. River monitors of «Levachev» type 78

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) может быть оформлена по каталогу агентства «Роспечать» в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции (в том числе можно заказать уже вышедшие номера).
To effect subscription abroad, it is necessary to addres to JSC «MK-Periodica» (www.periodicals.ru)

На 1-й стр. обложки — десантный корабль на воздушной подушке «Евгений Кочешков» на МВМС-2015 (фото А. Н. Хаустова); на 2-й стр. — аварийно-спасательное судно «Спасатель Демидов» на слипе ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» в день спуска на воду 12 августа 2014 г. (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — фотографии из Интернета и из собрания А. Н. Одайника

Журнал «Судостроение» реферируется в Реферативном журнале и базах данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)

Журнал «Судостроение» включен Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (http://vak.ed.gov.ru)

Электронные версии журналов 1999—2015 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включены в Российский индекс научного цитирования

Литературные редакторы
С. В. Силякова (ведущий номера),
Е. П. Смирнова

Компьютерная верстка
Г. А. Князева, Л. П. Козлова

Цветоделение
Д. Н. Демичев

Перевод
М. С. Паршин

Графика
И. Б. Скородумова

За точность приведенных фактов, достоверность информации, а также использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, ответственность несут авторы

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 12.10.2015 г.
Каталожная цена 100 руб.

Адрес издательства и типографии:
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7, АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»

Тираж 1000 экз.

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 012360

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ООО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД—СУДОСТРОЕНИЕ»

В середине августа пресс-служба завода сообщила о завершении формирования носовой части головного атомного ледокола «Арктика» (пр. 22220). 6 августа на стапель «А» была подана секция 1101, которая будет первой пробивать дорогу во льдах Северного морского пути. Именно эта часть ледокола массой 75,5 т примет на себя всю ледовую нагрузку, а литой форштевень толщиной 160 мм в основании секции будет давить и ломать арктический лед.

«Сегодня выполнено 70% работ по сборке корпуса ледокола. Работаем в соответствии с утвержденным генеральным графиком строительства», — прокомментировал это событие руководитель проекта Сергей Черногубовский. Строительство корпуса головного атомохода переходит к финальной стадии — сборке кормовой части и последующему спуску на воду.

Атомоход «Арктика» был заложен 5 ноября 2013 г. Он будет оборудован атомной энергетической установкой нового типа РИТМ-200 и станет самым большим и мощным ледоколом в мире. Его длина составит 173,3 м, ширина 34 м, осадка по конструктивной ватерлинии 10,5 м, минимальная рабочая осадка 8,65 м, водоизмещение 33 540 т. Согласно условиям контракта строительство головного ледокола должно быть завершено в декабре 2017 г.

* * *

На заводе ведутся работы по изготовлению валопроводов для кораблей ВМС Индии, которые строятся на верфи Mazagon Dock Limited. Согласно контракту с индийским предприятием, будут изготовлены четыре комплекта судовых валопроводов. Первый комплект должен быть поставлен в Индию осенью 2015 г. Для этих валопроводов применяются гидравлические муфты, созданные специально для этого проекта.

АО «ЦС «ЗВЕЗДОЧКА»

В главном стапельном цехе АО «ЦС «Звездочка» 23 июля заложили морской транспорт вооружения пр. 20181 (АО «ЦМКБ «Алмаз»). Соответствующий госконтракт с Министерством обороны РФ был заключен 1 сентября 2014 г. Судно усиленного ледового класса предназначено для погрузки, выгрузки и транспортировки морем образцов вооружений. Приказом Главнокомандующего ВМФ России кораблю присвоено имя «Академик Макеев» в честь дважды Героя Социалистического труда Виктора Петровича Макеева — выдающегося ученого и инженера, руководителя КБ машиностроения (ныне АО «Государственный ракетный центр им. В. П. Макеева»), генерального конструктора баллистических боевых ракетных комплексов подводного базирования. В состав ВМФ заказ должен войти в 2018 г.

Формирование носовой части головного атомного ледокола «Арктика» (ООО «Балтийский завод—Судостроение»)

23 июля в главном стапельном цехе АО «ЦС «Звездочка» был заложен морской транспорт вооружения пр. 20181 «Академик Макеев»

АПЛ «Подмосковье» в день вывода из эллинга АО «ЦС «Звездочка»

«Прогресс» — движение вперед!

Александр Викторович Зубарев
Генеральный директор,
кандидат технических наук,
лауреат премии Правительства
Российской Федерации в области
науки и техники 2013 г.
Награжден медалью ордена «За заслуги
перед Отечеством» II степени (2015 г.)

Ордена Трудового Красного Знамени ФГУП «НПП «Прогресс» — мощный научно-производственный комплекс, включающий Научно-исследовательский конструкторско-технологический институт и опытное производство. ФГУП «НПП «Прогресс» является единственной в стране организацией в области проектирования и изготовления низкочастотных амортизирующих конструкций на основе пневматических резинокордных оболочек (РКО), уникальных конструкций для особо сложных стратегических объектов. Пневмоамортизаторы широко применяются в системах виброизоляционной, сейсмической, акустической защиты объектов оборонного комплекса, в частности, на подводных и надводных кораблях ВМФ, других объектах Министерства обороны России и гражданских отраслей промышленности.

ФГУП «НПП «Прогресс» сотрудничает с такими ведущими предприятиями России, как АО «ЦКБ МТ «Рубин», ОАО «ПО «Севмаш», АО «СПМБМ «Малахит», АО «ЦМКБ «Алмаз», ОАО «Калужский турбинный завод», ОАО «Адмиралтейские верфи», АО «КБСМ» и другими.

Научная и экспериментальная базы института и опытного производства укомплектованы современным технологическим, экспериментальным, аналитическим, исследовательским и испытательным оборудованием. Весь технологический цикл — от создания концепции изделия до запуска его в серийное производство — замкнутый и происходит на единой территории предприятия. Научно-технические разработки предприятия по своим характеристикам по многим параметрам превосходят зарубежные аналоги.

Предприятие сертифицировано по системе менеджмента качества на соответствие требованиям ГОСТ ISO 9001-2011, ГОСТ РВ 0015-002-2012. Предприятие включено в перечень стратегических и принимает активное участие в реализации программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года».

Разработанные и изготовленные на предприятии уникальные низкочастотные пневмоамортизаторы используются в системах обеспечения пуска ракетного комплекса «ОС», в атомном флоте — в системах амортизации механизмов на АПЛ проектов «Борей-А», «Ясень-М» — комплекса «Булава».

С 2005 года активно проводится техническое перевооружение производства по изготовлению всей номенклатуры резинокордных специзделий для комплектации заказов «Ясень-М», «Борей» и «Борей-А» для обеспечения виброакустической защиты объектов и повышения живучести кораблей. Для атомных подводных лодок ВМФ организовано серийное производство патрубков пониженной жесткости, применение которых в общекорабельных системах и системах главной энергетической установки АПЛ последнего поколения в комплексе с другими техническими решениями обеспечило снижение уровней вибрации и шума, что привело к повышению скрытности. Применение уникальных разработок «Прогресса» позволило увеличить назначенный ресурс эксплуатации изделий до 25 лет.

Амортизирующие системы на основе пневматических упругих элементов могут быть использованы для ударовиброзащиты практически любых инженерно-технических сооружений и объектов, а также в гражданских отраслях промышленности и транспорте.

Специалисты предприятия готовы разработать, изготовить или воспроизвести по образцу резинотехнические изделия любой сложности, в том числе резинокордные и резинометаллические конструкции.

Уважаемые работники судостроительных и судоремонтных предприятий!

Коллектив ФГУП «НТП «Прогресс» сердечно поздравляет всех отечественных корабелов с профессиональным праздником — Днем судостроителя! Судостроение — одна из важнейших отраслей промышленности, от развития которой зависит обороноспособность страны. Здесь работают квалифицированные специалисты, преданные своему делу, неизменно обеспечивающие высочайшее качество кораблей всех видов, которые являются гордостью российского флота, демонстрируя мощь отечественной техники. Мы гордимся сотрудничеством с крупнейшими судостроительными предприятиями России в области повышения надежности, живучести и скрытности кораблей, а значит — укрепления оборонной мощи и боеготовности флота России.

Желаем вам и вашим близким здоровья, счастья, благополучия, плодотворной работы и дальнейших успехов в труде на благо Родины!

Проектируем. Создаем. Воплощаем.

Миссия: мы разрабатываем высокопрочные резинотехнические изделия, позволяющие повысить технический уровень работы оборудования заказчика.

Продукция прошла всесторонние испытания в серийных образцах техники, где продемонстрировала высокую степень надежности в сложнейших условиях эксплуатации на земле и под землей, на воде и под водой.

Наши изделия обеспечат высокоэффективную безаварийную работу ваших сооружений, механизмов и машин, создадут комфортные условия труда для персонала.

Предприятие разрабатывает, изготавливает и поставляет изделия двойного назначения:

- ***для технологического оборудования нефтегазовой, судостроительной и других отраслей промышленности и коммунального хозяйства:***

• резинокордные напорные и напорно-всасывающие патрубки с рабочим давлением от 1,0 до 10,0 МПа для работы в качестве вибровставок в трубопроводных системах для перекачки различных жидких сред;

• гибкие вставки и заглушки, обеспечивающие безопасную эксплуатацию нефте-, газо- и трубопроводов;

• муфты компенсационные для компенсации смещений соединяемых трубопроводов, снижения уровня вибрации и шума трубопроводов и насосных установок;

• панели звукоизолирующего покрытия;

- ***для эластичных муфт, патрубков и другого оборудования, компенсирующего значительные радиальные, осевые и угловые смещения соединяемых валов:***

• РКО для приводов компрессоров электровозов и тепловозов;

• РКО для соединения валопроводов с судовыми установками и дизельных генераторных электростанций;

• патрубки резинотканевые для соединения подвижного трубопровода;

- ***для технологического, испытательного и другого оборудования:***

• пневмоамортизаторы для виброизоляции механизмов и машин, снижения ударных нагрузок, интенсификации технологических процессов;

• амортизаторы резинометаллические и низкочастотные для виброизоляции технологического оборудования;

• амортизаторы резинометаллические пластинчатые для выравнивания нагрузки между приводами механизма подъема самоподъемной плавучей буровой установки, используемой для бурения на нефть и газ на морских шельфах;

• РКО торообразного типа для механизмов передачи вращения на гребной винт, приводов тепловозов, строительно-дорожных машин, прокатных станов, буровых станков и др.;

• РКО диафрагменного типа для подвижных уплотнений труб большого диаметра;

• стандартные и нестандартные резинотехнические изделия и детали, резины и сырые резиновые смеси любых свойств согласно вашим заказам;

• пневматические упругие элементы для сейсмической защиты зданий, сооружений и оборудования.

Наряду с созданием уникальных резинокордных изделий предприятие разработало и изготавливает резинотехнические и резинометаллические изделия различных наименований в сборе с металлоарматурой.

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-производственное предприятие
«ПРОГРЕСС»

ФГУП «НПП «Прогресс»
Россия, 644018, Омск, ул. 5-я Кордная, 4
Тел./факс: (3812) 56-14-72, 56-02-03
info@progress-omsk.ru, market@progress-omsk.ru, www.progress-omsk.ru

Головной СКР «Адмирал Григорович», построенный АО «ПСЗ «Янтарь», на ходовых испытаниях

Основные характеристики судна пр. 20181: длина 107,6 м, ширина 17,8 м, полное водоизмещение 6300 т, экипаж 60 чел., усиленный ледовый класс Arc5, район плавания не ограничен. Судно будет способно принимать вертолеты Ка-29. При строительстве нового судна будет выполнено импортозамещение основных комплектующих. Импортные судовые системы и оборудование заменит продукция петербургских, коломенских, нижегородских машиностроителей. Пропульсивный комплекс — винторулевые колонки и подруливающие устройства — будет изготовлен на «Звездочке».

* * *

11 августа в Центре судоремонта «Звездочка» состоялась торжественная церемония вывода из эллинга АПЛ «Подмосковье». Корабль построен в 1986 г. на Северном машиностроительном предприятии (ныне Севмаш) по проекту 667БДРМ. В настоящее время корабелы «Звездочки» выполняют работы по ремонту и модернизации АПЛ по заказу Министерства обороны. После вывода из эллинга и спуска на воду экипаж корабля и специалисты «Звездочки» приступят к выполнению программы швартовных, а затем и заводских ходовых испытаний субмарины.

АО «ПСЗ «ЯНТАРЬ»

Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь» в августе сообщил о возобновлении строительства сторожевых кораблей пр. 11356. Решение об этом для четвёртого, пятого и шестого сторожевых кораблей «адмиральской серии» было принято заказчиком — Министерством обороны. Возобновлены работы по формированию корпусов СКР «Адмирал Бутаков» и «Адмирал Истомин», продолжается также изготовление корпусных секций для СКР «Адмирал Корнилов», закладка которого ожидается осенью. Графики строительства второй тройки кораблей этой серии будут скорректированы с учётом периода, когда работы на них не проводились. Решение о приостановке строительства было принято Министерством обороны РФ весной этого года. Первые три СКР пр. 11356 находятся в высокой степени готовности. Постройка СКР «Адмирал Григорович» и «Адмирал Эссен» фактически завершена. Головной корабль в августе был на ходовых испытаниях, первый серийный — проходил программу

Океанографическое исследовательское судно «Янтарь»

ОАО «Адмиралтейские верфи»: спасательное судно «Игорь Белоусов» и глубоководный аппарат «Бестер-1» (*фото А. Н. Хаустова*)

швартовных испытаний; их сдача заказчику — в этом году. СКР «Адмирал Макаров» (спуск на воду состоялся 2 сентября) передадут в 2016 г. Сроки передачи заказчику второй тройки СКР пр. 11356 будут зависеть от выполнения обязательств НПО «Сатурн» (г. Рыбинск), определённого Минпромторгом головным предприятием по изготовлению главных энергетических установок для кораблей этого проекта. Предварительно начало поставок газотурбинных двигателей на ПСЗ «Янтарь» запланировано на конец 2017—начало 2018 гг. Изготовлением редукторов для отечественных ГТА займётся петербургский завод «Звезда».

* * *

10 августа океанографическое исследовательское судно (ОИС) «Янтарь», построенное АО «ПСЗ «Янтарь» и переданное ВМФ 23 мая 2015 г., отправилось из базы Балтийского флота в Балтийске для испытаний глубоководных спускаемых аппаратов. ОИС «Янтарь» — головное судно пр. 22010, разработанного АО «ЦМКБ «Алмаз». Его водоизмещение 5200 т, длина 108,1 м, ширина 17,2 м. Судно было заложено 8 июля 2010 г. в день 65-летия ПСЗ «Янтарь» и названо в честь завода-изготовителя.

«Испытания глубоководного комплекса, установленного на судне, пройдут в Атлантическом океане, где есть необходимые для этого глубины. Будут испытаны обитаемые аппараты «Русь» и «Консул», а также необитаемые спускаемые аппараты», — рассказал руководитель проекта Сергей Чертов. На борту судна находится экипаж и команда специалистов ПСЗ «Янтарь». Испытания продлятся около трёх месяцев, после чего судно перейдёт к месту постоянного базирования в порт Оленья губа, где будет подписан приёмный акт на глубоководный комплекс.

АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

В августе спасательное судно «Игорь Белоусов» вышло на завершающий этап заводских ходовых испытаний (ЗХИ) в Балтийское море, а затем в Атлантику, сообщила пресс-служба АО «Адмиралтейские верфи». В программе ЗХИ — межведомственные испытания опытного оборудования, водолазного комплекса и отработка спусков водолазной группы. Завершить ЗХИ планировалось в октябре.

Спасательное судно «Игорь Белоусов», строящееся по заказу Министерства обороны РФ, заложено в декабре 2005 г. Оно спроектировано АО «ЦМКБ «Алмаз» (пр. 21300) и предназначено для спасения экипажей аварийных подводных лодок, лежащих на грунте или находящихся в надводном положении, а также для подачи воздуха, электроэнергии и спасательных средств на подводные лодки и надводные корабли. Кроме того, судно может осуществлять поиск и обследование аварийных объектов, в том числе в составе международных морских спасательных формирований. На борту судна находится целый комплекс спасательных средств, включая подводные аппараты и барокамеры, оно оснащено современным медицинским оборудованием для оказания экстренной помощи подводникам, попавшим в аварийную ситуацию. Многие технические средства созданы впервые специально для данного проекта. На судне — глубоководный аппарат «Бес-

В эллинге Морского завода «Алмаз» продолжается серийная постройка патрульных катеров пр. 12200 «Соболь», развивающих скорость хода около 47 уз (*фото А. Н. Хаустова*)

тер-1» с рабочей глубиной погружения до 700 м, современный глубоководный водолазно-спасательный комплекс ГВК-450 для глубин до 450 м, декомпрессионный комплекс для 60 спасенных подводников, водолазный пост для глубин до 60 м, рабочий телеуправляемый подводный аппарат «Пантера плюс» с рабочей глубиной погружения до 1000 м.

В составе сдаточной команды судна в море вышли инженеры ОАО «Тетис Про» для обеспечения испытаний спасательной техники и оборудования, поставленного этой компанией и установленного на корабле. В ходе ЗХИ планируется провести испытания всех систем и механизмов ГВК-450, в том числе систем газоснабжения, контроля параметров газовой среды и жизнеобеспечения. Также будет осуществлен спуск водолазного колокола на глубину 450 м. Кроме того, будут проведены глубоководные испытания РТПА «Пантера Плюс» с погружением на 1000 м и гидролокатора бокового обзора — на 1500 м.

Судно «Игорь Белоусов» может использоваться и при освоении шельфа для выполнения подводно-технических работ.

Спуск на воду многоцелевого буксира-спасателя «СБ-736» был произведен по судоспусковому каналу нового судостроительного комплекса завода «Пелла»

ООО «СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ЗАЛИВ»

28 июля на заводе «Залив» состоялась закладка нового поисково-спасательного судна пр. А163. Его длина 67,4 м, ширина 15,1 м, осадка 4,96 м, скорость хода около 16 уз. Судно предназначено для проведения поисково-спасательных операций в районах судоходства и рыбного промысла, снятия с мели и рифов аварийных судов и плавсредств, борьбы с загрязнениями акватории, в том числе с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, тушения горящего на воде топлива и др. В торжественной церемонии, посвященной этому событию, принял участие заместитель Председателя Правительства России Д. О. Рогозин. В своем приветственном слове он сказал: «Закладка нового судна — это самый счастливый день для ветеранов завода и тех, кто работал долгие годы, а последнее время думал, что у завода нет будущего, а оно есть! Мы знаем программу развития завода "Залив", мы знаем, какие ресурсы нужно вложить в модернизацию предприятия, мы верим в его будущее и знаем, что оно наступит».

Ранее сообщалось о закладке на заводе двух универсальных морских танкеров пр. 23131 и двух морских прибрежных пассажирских судов пр. СПМ 150 (SPS 150) — соответственно в декабре и сентябре 2014 г.

ПАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

7 августа на заводе состоялся спуск на воду рабочего катера пр. WB22MT-1 «Лоцман Баскаков», построенного по заказу ФГУП «Росморпорт». Соответствующий договор был заключен в июле 2014 г. Катер должен быть передан заказчику в порту назначения — Архангельске — не позднее 18 января 2016 г. Катер предназначен для обследования судоходных путей, доставки людей и грузов массой до 0,5 т, экологического мониторинга акваторий, участия в спасательных операциях, доставки лоцманов, а также лоцманского сопровождения на судоходных путях. Основные характеристики катера: габаритная длина корпуса 22,8 м, ширина 6,7 м, осадка 1,8 м, мощность двигателей 2х441 кВт, полное водоизмещение 66 т, экипаж 2 чел., класс КМ ✪ Ice2 R3-RSN Aut 3. Проект WB22MT-1 (рабочий катер ледового класса с функциями лоцманского) является модификацией катера, который успешно зарекомендовал себя при проведении Олимпийских игр в Сочи. Проектант — конструкторское бюро Группы компаний «Морская Техника». Кроме катера пр. WB22MT-1, по действующим государственным контрактам завод строит для Минобороны России два морских буксира пр. 23470, для ФСБ — два скоростных катера пр. 12260 «Ястреб», для Росморречфлота — шесть спасательных катеров-бонопостановщиков пр. А40-2Б и рейдовый водолазный катер пр. А160.

ОАО «ЛСЗ «ПЕЛЛА»

8 августа осуществлен спуск на воду многоцелевого буксира-спасателя «СБ-736» пр. 02980 (ПС-45). Это уже третий буксир (стр. № 803) данного проекта. Серия строится по заказу ВМФ РФ. Основные технические характеристики буксира-спасателя: наибольшая длина 48 м, ширина 13 м, осадка 5,4 м, водоизмещение 1216 т, мощность двигателей 2х2666 кВт, скорость хода 14,5 уз, тяга на гаке 80 т. Спуск был произведен по судоспусковому каналу нового судостроительного комплекса завода «Пел-

ла». Перед этим перемещение судна со стапельного участка на спусковую платформу было проведено по новой технологии, разработанной специально для нового производственного комплекса. Передвижение на открытый стапель осуществлялось на «судопоезде», состоящим из десяти пар судоспусковых тележек с электро- и гидроприводами. При этом на специальный монитор оператора выводилась информация о распределении фактической нагрузки от веса судна на каждую тележку, чтобы не допускать их перегрузки. После достроечных работ и необходимых морских испытаний «СБ-736» будет отправлен в Северодвинск для несения службы в составе Северного Флота.

Судно «Онежец ББК» в день спуска на воду (ОАО «Сосновский судостроительный завод»)

ЗАО «ЗАВОД «КИРОВ—ЭНЕРГОМАШ»

Это дочернее предприятие ОАО «Кировский завод» изготовило турбокомпрессорное оборудование для головного универсального атомного ледокола «Арктика» (пр. 22220). Оно успешно прошло испытания и отправлено заказчику — ООО «Балтийский завод—Судостроение». Изготовлен новейший осевой турбонаддувочный агрегат ТНА-10 с электроприводом — основная часть судового противообледенительного устройства, которое обеспечивает подачу сжатого воздуха вдоль борта судна, что исключает обмерзание (облипание) корпуса и снижает коэффициент трения при его взаимодействии со льдом. Это существенно повышает ледопроходимость корабля и, соответственно, скорость проводки судов.

Агрегат, имеющий производительность 21 $м^3/с$ и давление нагнетания 2,12 $кгс/см^2$ (абс.), с системой автоматизации, мультипликатором и электроприводом тестировался на специальном испытательном стенде на различных режимах, в том числе при критических нагрузках. Испытания осуществлялись под контролем межведомственной комиссии, в состав которой (наряду со специалистами завода-изготовителя) вошли представители ООО «Балтийский завод—Судостроение», ЗАО «ЦКБ «ОСК—Айсберг», ФГУП «Атомфлот» и ФАУ «Российский морской регистр судоходства».

В настоящее время ЗАО «Завод «Киров—Энергомаш» выполняет также контракт по изготовлению для «Арктики» паротурбинной установки. Работы должны быть завершены к 2016 г.

ОАО «ОКСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

19 августа на судоверфи состоялась закладка служебно-разъездного катера пр. 21270. Заказчик — Министерства обороны РФ. Контракт был заключен 22 мая 2015 г. Проектантом является АО «ЦМКБ «Алмаз». Катер предназначен для служебных разъездов, а также принятия парадов кораблей ВМФ. Район использования — Черное море, прибрежная морская зона с удалением от места убежища до 50 миль. Наибольшая длина катера 27,4 м, ширина 6,5 м, осадка около 1,6 м, полное водоизмещение около 110 т, максимальная скорость 22 уз, экономическая — 15 уз, мореходность 5 баллов, пассажировместимость с обеспечением спальными местами в каютах — 12 чел., при кратковременных выходах в море — 20 чел.

Представитель Департамента по обеспечению государственного оборонного заказа Минобороны капитан 1-го ранга Виталий Вдовиченко заявил на церемонии закладки, что размещение заказа Министерства обороны на верфи, специализирующейся на строительстве гражданского флота, свидетельствует о высоком доверии к качеству работы навашинских судостроителей и открывает большие возможности для будущего сотрудничества с ВМФ.

ОАО «Окская судоверфь» входит в состав дивизиона VBTH международной транспортной группы UCL Holding, в которой также состоят Северо-Западное и Волжское пароходства, компания «ВФ Танкер», ряд судостроительных и круизных активов.

ОАО «СОСНОВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

На заводе построены два экологических судна пр. RT29 «Онежец ББК» и «Эколог-1». Заказчик — ФКУ «Речводпуть» Федерального агентства морского и речного транспорта Минтранса РФ. Проект RT29 разработан Морским Инженерным Бюро. Суда предназначены для приема сточно-фановых и подсланевых вод, загрязненных нефтепродуктами с температурой вспышки не ниже 60 °С, а также сухого мусора. Это стальные однопалубные двухвинтовые суда с баком и ютом, транцевой кормовой оконечностью, двойными дном и бортами, и носовым подруливающим устройством. Размерения 43x7,5x2,1 м, максимальная осадка 1,72 м, дедвейт 207 т, мощность главных двигателей 2x208 кВт, экипаж 6 чел., класс PPP: + O 2.0

ТАКР «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов» в процессе докования (ОАО «82 СРЗ»)

(лед 20) А. Закладка обоих судов состоялась 20 декабря 2012 г., спуск на воду 14 мая, а сдача — 18 июня 2015 г.

В настоящее время завод строит три лоцмейстерских судна пр. BLV04 (Морское Инженерное Бюро.) Заказчик — ФГУП «Росморпорт». Головное судно «Виктор Кусков» заложили 26 ноября 2014 г., а два серийных — «Гидрограф Равдин» и «Анатолий Климов» — 8 мая 2015 г. Они предназначены соответственно для Северо-Западного бассейнового управления ФГУП «Росморпорт» (порт Усть-Луга), Дальневосточного бассейнового управления (порт Владивосток) и Ванинского бассейнового управления (порт Ванино). Суда предназначены для выполнения работ по установке плавучих средств навигационного ограждения, их обслуживания, а также перевозки генеральных грузов на палубе и обследования морского дна. Размерения 30,15x9,1x3,6 м, осадка 2,8 м, класс РМРС: КМ ★ Ice 2 1 R2 AUT3-C.

ОАО «82 СРЗ»

В течение трех месяцев (с середины мая этого года) в плавучем доке 82-го судоремонтного завода выполнялись плановые ремонтные работы на тяжелом авианесущем крейсере «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов» Северного флота. 14 мая корабль был поставлен в большой плавучий док ПД-50, а 20 августа, после завершения всех запланированных работ, — выведен из него. Подводную часть корпуса и винторулевой комплекс корабля очистили от морских отложений, выполнили восстановление и замену донно-забортной арматуры. Подготовка поверхности корпуса и окраска впервые за всю историю доковых ремонтов ТАКР «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов» были выполнены обученными и сертифицированными специалистами ОАО «82 СРЗ» с помощью собственного оборудования. Ранее эти работы выполнялись привлечёнными организациями.

ОАО «82 СРЗ» — единственное в Северо-Западном регионе предприятие, способное выполнить докование этого корабля, поскольку располагает плавдоком ПД-50, имеющим грузоподъемность 80 000 т и площадь стапель-палубы 23 тыс. м^2.

ОАО «ЗЕЛЕНОДОЛЬСКИЙ ЗАВОД им. А. М. ГОРЬКОГО»

1 сентября транспортный плавучий док «Свияга» (пр. 22570), построенный заводом по проекту АО «ЦМКБ «Алмаз», начал переход по внутренним водным путям из Зеленодольска на внешнюю сдаточную базу в Северодвинске, где после прохождения испытаний ему предстоит пополнить состав Северного флота ВМФ России. Закладка этого плавдока состоялась 30 ноября 2012 г., спуск на воду — 6 ноября 2014 г. Он предназначен для транспортировки кораблей и судов, а также их доковых осмотров и ремонта. Предполагается, что транспортный плавучий док «Свияга» будет обеспечивать транспортировку кораблей и судов по внутренним водным путям с севера на юг.

Между тем, завод активно развивает международное сотрудничество. В августе здесь принимали делегации Индонезии и Азербайджана. Гости посетили производственные цеха, осмотрели строящиеся заказы, познакомились с работой новейшего оборудования, установленного в рамках программы технического перевооружения предприятия, а также приняли участие в презентации кораблей и судов перспективных проектов. Цель визита индонезийцев — поиск возможностей развития совместного бизнеса на базе использования применяемых в нашей стране технологий с последующим внедрением на территории технопарка в Восточном Калимантане. Азербайджанскую делегацию возглавлял начальник Государственной пограничной службы страны.

1 сентября транспортный плавучий док «Свияга», построенный судостроителями ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького», отправился из Зеленодольска в Северодвинск

ООО «СК «РОСПРОМРЕСУРС»

ООО «Судостроительная компания «РосПромРесурс», основанная в 2003 г. в Москве, занимается судостроением и судоремонтом, изготовлением металлических и стеклопластиковых конструкций, а также оборудования для очистки и обеззараживания воды и других жидких сред. В августе компания завершила строительство новой модели судна на воздушной подушке «Мираж-18». Головное СВП в грузовом исполнении укомплектовано гидравлическим краном-манипулятором грузоподъемностью 0,5 т. Оно успешно прошло испытания и направлено заказчику в Казахстан. СВП планируется использовать в прибрежной зоне Каспийского моря для проведения мониторинговых исследований состояния окружающей среды — забора проб воды, грунта и биомассы, а также для георадарных исследований. А пассажирские амфибийные СВП типа «Мираж-7» в этом году были поставлены на Камчатку, в Ростовскую область, в Финляндию; два патрульных «Миража» стали использоваться пограничниками Белоруссии.

Головное СВП «Мираж-18» в грузовом исполнении судостроители ООО «СК «РосПромРесурс» поставили в Казахстан

С этого года ООО «СК «РосПромРесурс» совместно с ООО «АэроСтайер» начали выпускать амфибийные катера на воздушной подушке «Стрелец», которые предназначены для отдыха на воде, рыбалки, но могут использоваться для спасательных, поисковых работ, дежурства в районах судоходства. Корпус четырехместного СВП выполнен из композитных полимерных сотовых панелей. Масса 6,3-метрового СВП всего 550 кг, максимальная скорость хода на воде 80 км/ч.

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные предприятиями и организациями (в том числе их пресс-службами), а также из Интернета.

Дорогие друзья! Уважаемые партнеры!

Примите искренние поздравления от всего коллектива ОАО «КУЗОЦМ» с профессиональным праздником — Днем судостроителя. Этот день — еще один повод для нас и всей страны выразить вам глубокую благодарность за нелегкий труд. Вы — продолжатели великого дела российских кораблестроителей, которые на протяжении столетий не жалели сил и жизней для того, чтобы наш флот превратился в мощную силу, гордость и славу России на всех морях.

Наследники культуры и крепких традиций древних мастеров — корабелов и судостроителей, сегодня вы спускаете на воду самые современные суда, от небольших катеров до огромных атомных подводных лодок. Вкладывая в каждый корабль душу и сердце, устанавливая рекорды, преодолевая трудности, вы продолжаете выполнять важнейшую задачу: в любых условиях у Российской Федерации должен быть сильный флот. В жизни все взаимосвязано, и сегодня мы — ваши поставщики и партнеры — не имеем права работать плохо, чтобы не создавать дополнительных проблем, не вынуждать вас делать свое дело с перебоями, покупать материалы и комплектующие за границей.

С праздником! Пусть сила, вера и успех всегда остаются вашими надежными спутниками в жизни!

КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ ЗАВОД ПО ОБРАБОТКЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

ОАО «Каменск-Уральский завод по обработке цветных металлов» (ОАО «КУЗОЦМ»), входящий в Группу компаний «Ренова», производит широкий спектр металлопродукции из меди, никеля, цинка и сплавов на их основе. Завод является лидером в отрасли цветной металлообработки в России. Продукция ОАО «КУЗОЦМ» широко используется во всех отраслях промышленности как в России, так и за ее пределами.

КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ ЗАВОД ПО ОБРАБОТКЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

623414, Россия, Свердловская обл., Каменск-Уральский, ул. Лермонтова, 40
Тел. (3439) 336-000. Факс (3439) 336-002
E-mail: kuzocm@kuzocm.ru, www.kuzocm.ru

СПУСК на ВОДУ СКР «АДМИРАЛ МАКАРОВ»

2 сентября корабелы АО «Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь» спустили на воду сторожевой корабль «Адмирал Макаров» — третий в серии, строящейся для Военно-Морского Флота России. Торжественная церемония спуска на воду состоялась в соответствии с графиком строительства этого корабля, согласованном генеральным заказчиком, сообщается в пресс-релизе завода.

В церемонии приняли участие представители командования ВМФ, органов региональной власти и другие официальные лица. В частности, заводчан приветствовали начальник управления кораблестроения ВМФ капитан 1-го ранга Владимир Тряпичников, заместитель командующего Черноморским флотом по работе с личным составом контр-адмирал Юрий Ореховский, председатель Калининградской областной Думы Марина Оргеева, главный конструктор пр. 11356 Пётр Васильев (АО «Северное ПКБ»).

Врио генерального директора завода Игорь Пономарёв поздравил коллектив с очередной трудовой победой и переходом к новому этапу строительства СКР «Адмирал Макаров». Он также отметил, что до конца этого года завод должен передать ВМФ России два первых корабля этой серии — «Адмирал Григорович» и «Адмирал Эссен» — и большой десантный корабль «Иван Грен».

Крёстной корабля стала работница АО «ПСЗ «Янтарь» Наталья Юдина. Она разбила о его борт традиционную бутылку шампанского, после чего корабль передвинули со стапеля в плавучий док для спуска на воду.

СКР «Адмирал Макаров» был заложен на заводе 29 февраля 2012 г. Его корпус полностью сформирован, смонтирована большая часть систем и агрегатов. Передача флоту корабля состоится в следующем году.

ДИЗАЙН-ПРОЕКТ АТОМОХОДА «ЛИДЕР»

Специалисты ЦКБ «Айсберг» и Крыловского государственного научного центра разрабатывают проект атомного ледокола-гиганта «Лидер» (пр.10510), который будет иметь беспрецедентную мощность 110—130 МВт. Главная его задача — обеспечить гарантированную круглогодичную навигацию по Северному морскому пути. «Лидер» должен позволить осуществлять в Арктике проводку крупнотоннажных судов дедвейтом до 250 000 т, включая супертанкеры и крупные суда-газовозы, транспортирующие сжиженный природный газ. Таким образом, может быть существенно повышена экономическая привлекательность коммерческого использования данного маршрута. Ориентировочные проектные характеристики атомного ледокола «Лидер» (по данным журнала «ОСК» Объединенной судостроительной корпорации) следующие: водоизмещение не менее 55 000 т, длина 205 м, ширина около 50 м, высота свыше 20 м, осадка 13/11 м, мощность на валах 110—130 МВт, движители — три гребных винта, скорость хода на чистой воде 24 уз, ледопроходимость – до 4 м, автономность плавания — неограниченная. Для сравнения: строящиеся сейчас на Балтийском заводе атомные ледоколы пр. 22 220 имеют мощность на валах 60 МВт, длину 173,3 м и ширину 34 м.

Дизайн-проект атомного ледокола «Лидер», разработанный специалистами ЦКБ «Айсберг» и Санкт-Петербургской государственной художественно-промышленной академии им. А. Л. Штиглица (фото из журнала «ОСК» № 2-2015 г.)

О СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ АТОМНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ И ЕЁ МЕСТЕ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ

В. В. Замуков, канд. техн. наук, **Ю. С. Некрылова** (АО «СПМБМ «Малахит», e-mail: info-ckb@malachite-spb.ru)

УДК 623.827:621.039.515

Системы управления ядерной энергетической установкой (СУ ЯЭУ) появились одновременно с созданием первой атомной подводной лодки (АПЛ) пр. 627.

Начиная с первой АПЛ, состав СУ ЯЭУ принципиально не изменялся. Это система регулирования, управления и защиты реактора; система регулирования подачи питательной воды в парогенераторы; дискретная система автоматического управления и защиты оборудования ЯЭУ и локальные системы регулирования основного оборудования ЯЭУ, входящие в состав этого оборудования. Таким образом, в СУ изначально соединились как системы регулирования составных частей ЯЭУ (парапроизводящая установка — ППУ, паротурбинная установка — ПТУ, другое оборудование), так и дискретная система управления ЯЭУ в целом.

Появившись на АПЛ пр. 705, комплексная система управления техническими средствами (КСУ ТС) корабля прочно утвердилась на АПЛ III и IV поколений. При этом развитие КСУ ТС свелось в основном к замене из поколения в поколение элементной базы, а в системах IV поколения элементная база, вслед за прогрессом средств вычислительной техники, менялась уже несколько раз.

Следует отметить, что в процессе развития при уменьшении функций СУ ЯЭУ происходит увеличение габаритов систем, вызванное все возрастающими требованиями нормативной документации по ядерной и радиационной безопасности к управляющим системам безопасности, и увеличением объёма аппаратуры контроля самих СУ. Так, например, по сравнению с пр. 705 из систем управления III поколения исключена аппаратура автоматического пуска, кроме этого, на пр. 705 в состав КСУ ТС и соответственно в СУ ЯЭУ входили источники информации и исполнительные органы технических средств, а в системах III поколения из состава систем они были исключены, но при этом габариты КСУ ТС значительно увеличились. Источники информации удалось вернуть только в состав КСУ ТС IV поколения.

Согласно теории автоматического регулирования, объект управления, источники информации (датчики и сигнализаторы), исполнительные органы, аппаратура преобразования и логической обработки сигналов, а также технологические связи между этими составными частями должны быть единой системой, т. е. система регулирования совместно с датчиками параметров и исполнительные органы должны входить в состав оборудования, параметры которого они регулируют.

Однако до сегодняшнего дня в СУ ЯЭУ этому критерию соответствовала лишь система регулирования параметров ПТУ (температуры масла, температуры воды в системе охлаждения генераторов, частоты вращения главной турбины и др.), в которой датчики параметров, исполнительные органы и сама система входят в состав ПТУ. Техническое задание на проектирование системы выдает проектант ПТУ, и система проектируется и изготавливается по договору с ним же.

Испытания СУ проходят в три этапа: I этап — на заводе-изготовителе СУ по программам и методикам разработчика СУ; II этап — на стенде завода-изготовителя ПТУ совместно с установкой по программам и методикам испытаний ПТУ с присвоением литеры «О» ПТУ и СУ ПТУ; III этап — при проведении комплексных швартовных испытаний ЯЭУ, заводских ходовых и государственных испытаний корабля по программам и методикам проектанта корабля с присвоением литеры «$О_1$» ПТУ и СУ ПТУ по окончании всех видов испытаний [1], [2].

В системе же регулирования, управления и защиты (СУЗ) реактора датчики параметров (ионизационные камеры, датчики температуры и др.), исполнительные органы (компенсирующие решётки, стержни аварийной защиты) входят в состав ППУ, а собственно сама аппаратура СУЗ входит в состав КСУ ТС. Таким образом, создан «искусственный стык» между объектом управления, датчиками параметров, исполнительными органами и собственно аппаратурой СУЗ, что «размывает» ответственность за правильность прохождения сигнала управления от датчика до исполнительного органа. Технические задания на СУЗ выдает проек-

тант ППУ, а проектируется и изготавливается система по договору с ЦКБ — проектантом корабля.

И только на АПЛ пр. 08851 удалось приблизиться к классике — включить в состав ППУ систему СУЗ. Тем самым удалось исключить «юридический стык» между органами воздействия на реактивность, приборами контроля, входящими в состав ППУ, и аппаратурой в составе КСУ, реализующей математические законы регулирования и защиты реактора. Кроме выдачи техзадания проектант ППУ теперь заключает с разработчиком СУЗ и договор на разработку и изготовление системы.

Испытания же СУЗ должны проходить в два этапа: I этап — совместно с приводами исполнительных органов и другими системами СУ ЯЭУ на стенде изготовителя КСУ ТС с присвоением литеры «О»; II этап — совместно с ППУ при проведении комплексных швартовных испытаний ЯЭУ, заводских ходовых и государственных испытаний корабля по программам и методикам проектанта с одновременным присвоением литеры «$О_1$» ППУ и СУЗ по окончании всех видов испытаний [1], [2].

На АПЛ IV поколения для обеспечения требуемых виброшумовых характеристик подача питательной воды в парогенераторы регулируется частотой вращения турбопитательных насосов. Аппаратура, реализующая регулирование частоты вращения насосов в зависимости от заданного расхода, входит в состав СУ расходом питательной воды (в составе КСУ ТС), а исполнительные органы — клапаны, регулирующие расход пара на турбины насосов (и тем самым изменяющие частоту вращения насосов), входят в состав ПТУ. Таким образом, данная система далека от «классики» и образует искусственный «стык» между исполнительными органами и аппаратурой системы регулирования. В этой связи целесообразно предложить следующий логический шаг, вытекающий из одного из предназначений ПТУ — обеспечения подачи питательной воды в парогенератор — включить СУ расходом питательной воды в состав ПТУ. Учитывая, что данная СУ является «задатчиком» мощности ядерной установки, такой шаг требует дальнейшей детальной проработки и отдельного решения. При этом очевидно, что независимо от возможного решения I этап испытаний системы должен проходить совместно с другими СУ ЯЭУ на стенде завода — изготовителя КСУ ТС.

Дискретная система управления оборудованием ЯЭУ проектируется по техзаданию, выдаваемому ЦКБ — проектантом АПЛ, опытный образец системы изготавливается также по договору с ЦКБ-проектантом. Исходными данными, являющимися приложением к техзаданию на создание системы, служат разработанные проектантом АПЛ алгоритмы функционирования и алгоритмы диагностирования оборудования ЯЭУ. Таким образом, ЦКБ-проектант несёт, бесспорно, полную ответственность за правильность исходных алгоритмов программного управления, защиты и диагностирования ЯЭУ, выдаваемых разработчику СУ.

Также следует отметить, что, начиная с АПЛ пр. 08851, в состав СУ ЯЭУ вошла система технического диагностирования (СТД) оборудования ПТУ и ППУ. Причем СТД ПТУ, реализующая алгоритмы технического диагностирования оборудования, разработанного проектантом ПТУ, вошла в состав ПТУ, а СТД ППУ, реализующая алгоритмы технического диагностирования оборудования ППУ, разработанная проектантом ППУ, от датчиков теплотехнического контроля ППУ вошла в состав СУ ЯЭУ. В перспективе необходимо ввести СТД ППУ в состав ППУ отдельной аппаратурой с поставкой комплектом поставщиком ППУ по аналогии с ПТУ.

Следует отметить вопрос о статусе СУ ЯЭУ в составе КСУ ТС. В КСУ ТС IV поколения функции обработки, вычисления и формирования сигналов о нарушении установленных пределов по данным от источников информации возложены на конкретные СУ, в отличие от АПЛ III поколения, где такие функции для всех систем КСУ ТС решались единой системой типа «Ротор», входившей в состав КСУ ТС III поколения.

Кроме этого, к СУ ЯЭУ предъявляются специфические, достаточно жесткие требования в соответствии с нормативной технической документацией по ядерной и радиационной безопасности — Общими положениями обеспечения ядерной и радиационной безопасности корабельных ядерных энергетических установок (ОПБ-К-98/05) и Правилами ядерной безопасности корабельных ядерных энергетических установок (ПБЯ-В.08-88/05), принятыми в настоящее время. В этой связи при дальнейшей глубокой интеграции СУ ЯЭУ в состав КСУ ТС часть этих требований будет предъявляться и к КСУ ТС в целом, что, в свою очередь, повлечёт изменение структуры и увеличение габаритов систем, входящих в КСУ ТС.

Поэтому проектировать системы в составе СУ ЯЭУ, видимо, рационально со своей локальной сетью обмена данными, тогда только к ней будут предъявляться требования по ядерной и радиационной безопасности. Также целесообразно рассмотреть вопрос о присвоении СУ ЯЭУ статуса групповой системы со своими техусловиями на поставку.

При таком подходе появляется чёткость в структуре СУ ЯЭУ и в требованиях к функционированию, разработке и испытаниям такой сложной единой системы, как «объект (ЯЭУ) — система регулирования и управления (СУ ЯЭУ)».

Однако сегодня, в угоду упрощению аппаратных решений в СУ, рассматриваются и внедряются в КСУ ТС структуры, размывающие единство системы «объект — СУ» и юридическую ответственность разработчика объекта за работоспособность всего канала управления — «источник информации — система управления — исполнительный орган — объект — источник информации» [3].

По нашему мнению, в атомной энергетике должен присутствовать принцип «здорового консерватизма» — переход на новые принципы управления, изменения, носящие структурный, принципиальный характер в технических решениях, должны тщательно прорабатываться и обсуждаться специалистами заинтересованных организаций, и окончательные решения должны приниматься, возможно, даже на уровне секции НТС ГК «Росатом».

Литература

1. *Замуков В. В.* Особенности испытаний головных атомных энергетических установок для кораблей ВМФ// Судостроение. 2010. № 5.

2. *Некрылова Ю. С., Замуков В.В* . Результаты исследований и проведения испытаний систем управления главными энергетическими установками атомных подводных лодок//Судостроение 2012. №3.

3. *Бесекерский В. А., Попов Е. П.* Теория систем автоматического регулирования. СПб., 2003.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОРАБЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СВЕТОСИГНАЛЬНОЙ СВЯЗИ

А. А. Катанович, докт. техн. наук (НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА», e-mail: katanowitch.andrei@yandex.ru)

УДК 681.78:629.12

Научно-технический прогресс, расширение международной торговли, рыболовного промысла, а также необходимость укрепления защиты морских рубежей способствуют развитию судо- и кораблестроения, а также их отдельных систем и приборов, береговых объектов. На флоте постоянно совершенствуются системы связи, причем, не только радиосвязи, обладающей высокой надежностью, но и оптической, корабельной светосигнальной. Последняя не подвержена преднамеренным помехам, устойчиво работает в условиях магнитных бурь и имеет высокую скрытность. Создание системы оптической связи к тому же выгодно экономически: капитальные вложения в ее создание и внедрение значительно ниже, чем в систему радиосвязи.

Известны различные типы светосигнальных ламповых прожекторов для обеспечения безаварийного кораблевождения в темное время суток, а также для световой сигнализации проблесками белого света по коду Морзе и освещения рабочих мест рассеянным светом [1]. Судовой светосигнальный прибор (МСНП-125 ТУ 16-545364-81, МСНП-250М; МСП-150; МСП-л45/2; «Проблеск»; К-35-Л и др.) состоит из корпуса с установленной в нем прожекторной лампой переменного тока, металлических жалюзи и рукоятки управления жалюзи, позволяющих перекрывать световой поток для передачи сигналов кода Морзе.

Общими недостатками существующих устройств являются низкие эксплуатационные характеристики прожекторов из-за того, что жалюзи при работе закрывают до 30% светового потока, излучаемого отражателем, а также малая скорость передачи и недостаточная надежность прожектора, так как он имеет трущиеся механические элементы. Указанные недостатки уменьшают дальность и надежность светосигнальной связи.

На практике флагманскому кораблю оперативного соединения для управления, как правило, требуется передача сигналов одновременно сразу нескольким кораблям. Для этого в ночное время используется направленный клотиковый сигнальный фонарь небольшой мощности. В дневное время одновременная передача сигналов всем кораблям невозможна. Поскольку задержка в приеме сообщений может иметь серьезные последствия в тактических ситуациях, необходима разработка мощного кругового излучения в дневное время [2].

Для организации высокоскоростной оптической линии связи между надводными кораблями и береговыми объектами предлагается автоматизированный комплекс светосигнальной связи, блок-схема которого представлена на рис. 1 [3].

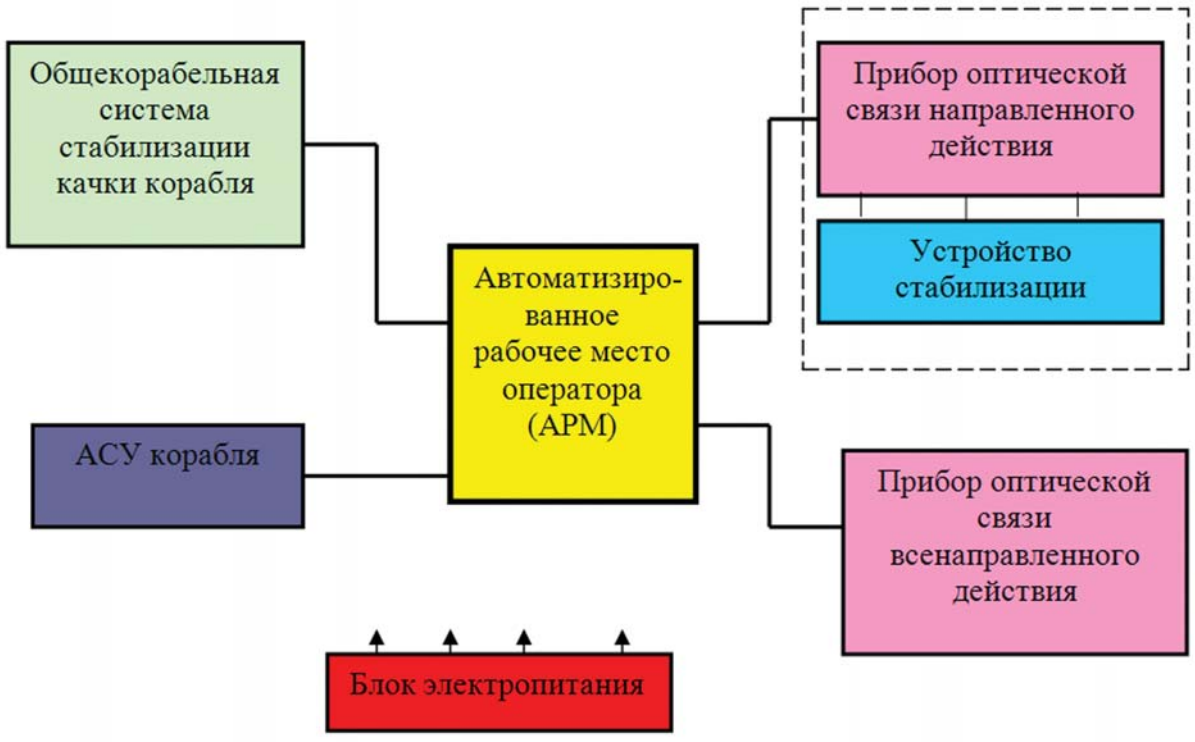


Рис. 1. **Блок-схема автоматизированного комплекса светосигнальной связи**

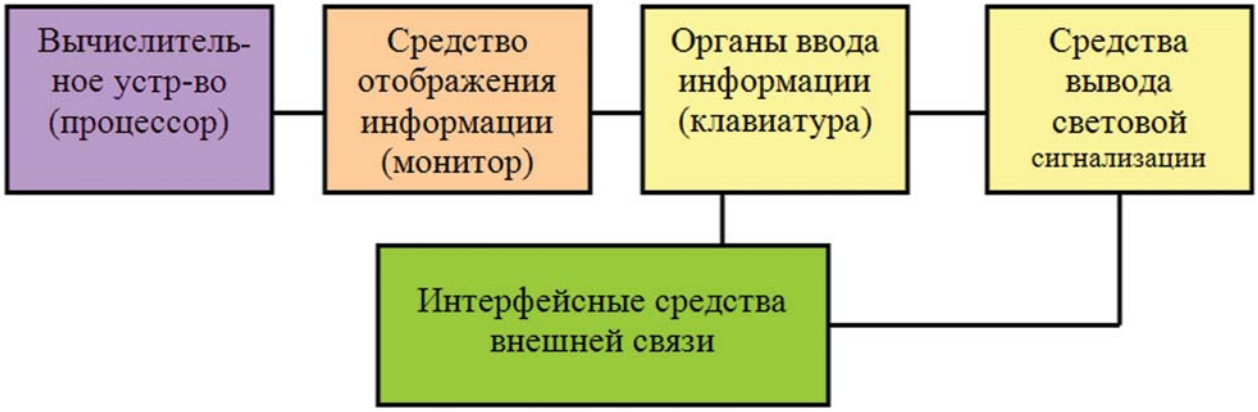


Рис. 2. **Структура автоматизированного рабочего места оператора**

Входящее в комплекс автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора (рис. 2) создано как высокопроизводительная рабочая станция, в которую входят:

процессорный модуль;

графический видеоадаптер;

накопитель;

цветной жидкокристаллический монитор;

звуковой модуль;

модуль сопряжения с оптическими приборами.

АРМ обеспечивает возможность загрузки программного обеспечения комплекса, а также запись задокументированной информации на внешние запоминающие устройства.

Прибор оптической связи направленного действия с системой стабилизацией (рис. 3) предназначен для:

— приема команд управления и данных для выдачи по оптическим каналам связи от АРМ;

— формирования и выдачи соответствующих оптических сигналов в видимом и инфракрасном диапазонах;

— приема оптических сигналов видимого и инфракрасного диапазонов;

— преобразования принимаемого оптического сигнала;

— выдачи принимаемой по оптическим каналам связи информации на АРМ 1;

— автоматического и ручного наведения на корреспондента;

— автоматического удержания корреспондента в поле зрения при движении кораблей;

— приема и обработки текущих значений параметров бортовой и килевой качки, курса корабля.

Блок формирования (модуляции) и выдачи оптических сигналов предназначен для приема управляющих команд от блока управления, модуляции и формирования соответствующего оптического сигнала.

Он выполнен на базе морского сигнального прожектора и имеет в своем составе:

— светодиодную матрицу, включающую светодиоды видимого и инфракрасного диапазонов;

— модуль управления, формирования оптического сигнала, сопряжения с блоком управления;

— блок питания для формирования оптического сигнала необходимой мощности.

Блок приема и преобразования оптических сигналов предназначен для фокусировки принимаемого оптического сигнала на фотодетектор, в него входят:

— объектив с меняющимся фокусным расстоянием;

— фотодиод или набор фотодиодов;

— модуль последовательной обработки и выдачи принимаемого сигнала на АРМ.

Блок наведения, слежения и стабилизации предназначен для приема управляющих команд от блока управления, формирования и выдачи управляющих сигналов на двигатели.

Блок управления предназначен для: управления процессом выдачи информации по оптическим каналам на блок выдачи; управления блоком приема; распознавания полезного сигнала и выдачи данных, при-

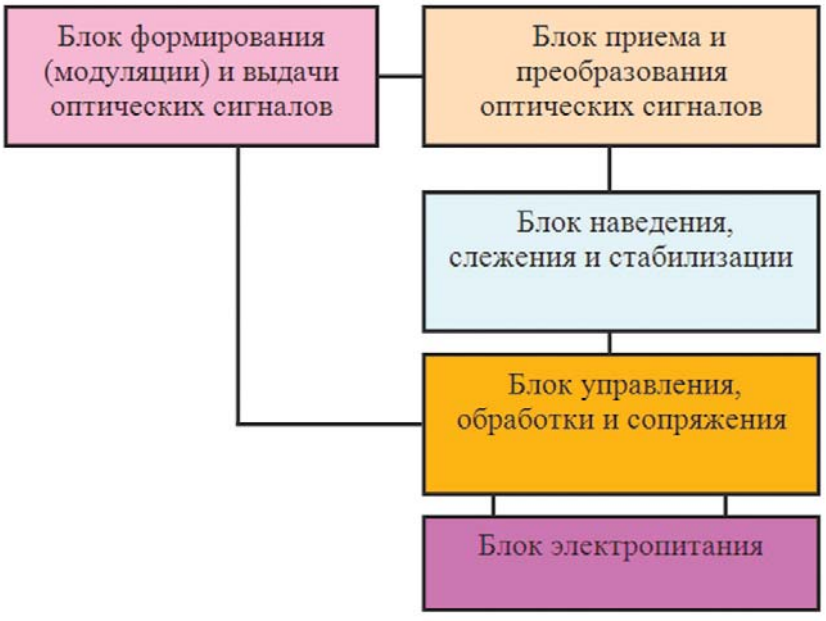


Рис. 3. **Структура прибора оптической связи направленного действия**

нимаемых по оптическим каналам связи, на пульт АРМ; управления блоком наведения, слежения и стабилизации по данным о местоположении цели, курсе и параметрах качки своего корабля, принимаемых от пульта управления и гироазимутгоризонткомпаса соответственно.

Все блоки прибора оптической связи направленного действия имеют защищенные корпуса, обеспечивающие их установку на открытой палубе корабля.

Прибор оптической связи всенаправленного действия (рис. 4) предназначен для:

— приема команд управления и данных для выдачи по оптическим каналам связи от пульта управления АРМ;

— формирования и круговой выдачи соответствующих оптических сигналов в видимом и инфракрасном диапазонах.

Он состоит из:

— светодиодной матрицы с круговой диаграммой направленности;

— модуля управления, формирования оптического сигнала, сопряжения с пультом управления АРМ;

— блока электропитания;

— защитного корпуса, обеспечивающего установку прибора на открытой палубе корабля.

Программное обеспечение, представленное в виде комплексов задач и математических моделей, отображает процессы управления и взаимодействия с комплексами вооружения и техническими средствами корабля в условиях постоянной боевой готовности. Каждый комплекс задач специального математического обеспечения (СМО) представляет собой функционально законченный программный модуль, программно совместимый с другими комплексами СМО. Программное обеспечение АРМ проектируется с использованием базовых информационных защищенных компьютерных технологий.

Автоматизированный корабельный комплекс светосигнальной связи обеспечивает:

— ручной ввод и автоматическое формирование, а также соответствующее кодирование сообщений для выдачи по оптическим каналам связи;

— автоматическое формирование и выдачу по оптическим каналам связи сообщений в виде соответствующего оптического сигнала видимого и инфракрасного диапазонов;

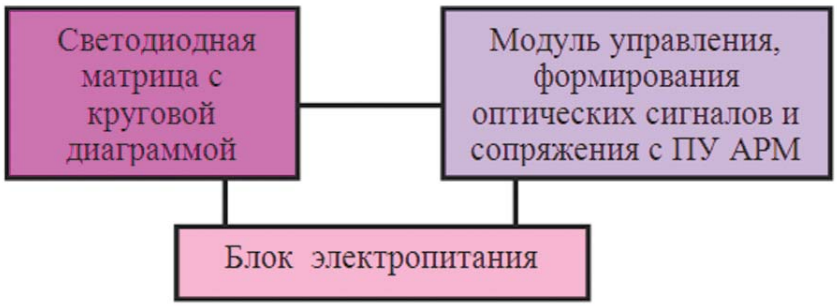


Рис. 4. **Структура прибора оптической связи всенаправленного действия**

— автоматический прием и преобразование в цифровой вид оптических сигналов видимого и инфракрасного диапазонов, распознавание полезного сигнала;

— декодирование и отображение принимаемых по оптическим каналам связи сообщений в цифробуквенном виде;

— ручную корректировку результатов автоматического распознавания и декодирования информации, принимаемой по оптическим каналам связи;

— автоматическое документирование и воспроизведение информации, принимаемой и выдаваемой по оптическим каналам связи с возможностью вывода задокументированной информации на внешнее запоминающее устройство;

— отображение и сигнализацию состояния связи с корреспондентом;

— автоматическое и ручное наведение на корреспондента, автоматическое удержание корреспондента «в поле зрения»;

— сопряжение с гироазимутгоризонткомпасом и соответствующий прием, обработку и отображение информации о курсе корабля, параметрах бортовой и килевой качки;

— отработку значений параметров качки и соответствующую стабилизацию положения прибора оптической связи направленного действия;

— сопряжение с системами вышестоящего уровня при их наличии на корабле в части обеспечения:

— прием от вышестоящего уровня команд управления по организации связи;

— прием от вышестоящего уровня данных для передачи по оптическим каналам связи;

— выдачу вышестоящему уровню данных, принимаемых по оптическим каналам связи.

Дальность светосигнальной связи с помощью такого комплекса увеличивается примерно на 50% по сравнению с известными судовыми светосигнальными приборами. Кроме того, комплекс обеспечивает возможность дистанционного управления передачей и приемом световых сигналов с высокой скоростью.

Предлагаемый автоматизированный корабельный комплекс светосигнальной связи позволяет также вести одновременную передачу информации с одним из кораблей на все другие, находящиеся в пределах видимости, поскольку излучение от источника распространяется в пространстве во всех направлениях (с перекрытием 40°). При этом, достаточная расходимость измерения в вертикальной плоскости обеспечивает прием и передачу сигналов даже в условиях качки корабля. Благодаря использованию светодиодной матрицы с круговой диаграммой направленности, включающей светодиоды видимого и инфракрасного диапазона, в несколько раз повысилась скорость передачи за счет автоматизации передачи и приема информации. В результате становится удобнее пользоваться комплексом светосигнальной связи, так как повысилась эффективность эксплуатации и, как следствие, оперативность управления кораблями и судами.

Литература

1. А. с. 1173128 СССР, 1983 г. Судовой светосигнальный прибор.
2. *Катанович А. А.* Оптоэлектронная техника в корабельных светосигнальных системах связи ВМФ//Судостроение. 2002. № 1.
3. Пат. 2014104388 РФ. Автоматизированный комплекс светосигнальной связи/*Катанович А. А. Опубл.* 07.02.14.

ЗАРУБЕЖНЫЕ ВМС. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭСКАДРЕННЫХ МИНОНОСЦЕВ[1]

Ф. Р. Сагайдаков, Н. А. Чернецова, С. К. Гурьянов,
e-mail: krylov@krulov.spb.ru (ФГУП «Крыловский ГНЦ»)

УДК 623.82(1-87)

По состоянию на конец 2014 г. в состав 13 ВМС зарубежных государств входило 192 эскадренных миноносца (ЭМ), строилось 16 и планировалось к постройке 49 кораблей этого класса (табл. 1, 2).

Современные эсминцы, а также фрегаты и корветы — это многоцелевые боевые быстроходные манёвренные корабли, предназначенные для решения задач противолодочной и противовоздушной обороны (ПЛО, ПВО), а также для действий против кораблей, конвоев и судов противника, для охраны и обороны соединений кораблей или конвоев на переходе морем, разведывательной и дозорной служб, огневой поддержки при высадке десанта и постановки минных заграждений. В различном сочетании они в обязательном порядке входят в состав авиационной ударной группы (АУГ) для защиты авианосцев (АВ) и нанесения ракетного удара по береговым объектам.

Одновременно многоцелевые корабли зарубежных ВМС ориентируются на операции, отличные от боевых действий, к которым относятся: гуманитарная или небоевая эвакуация; поиск, спасение и оказание помощи пострадавшим при стихийных бедствиях; реагирование на угрозу окружающей среде; охрана рыболовства; предотвращение пиратства; оказание военной помощи; эскортирование танкеров; информационная война и радиоразведка; обеспечение эмбарго; борьба с контрабандой; предотвращение транспортировки биологических и химических материалов, а также ядерного оружия и ядерных материалов; противодействие беспорядкам, государственным переворотам и восстаниям; обнаружение бомб.

При разработке современных эсминцев используются общие технологические принципы и научно-технические достижения. Разные комплектации оружия, радиоэлектронного вооружения (РЭВ) и технических средств определяются только ограничениями водоизмещения, оговорёнными оперативно-тактическими заданиями. Классификация этих кораблей, использованная в настоящей статье, соответствует принятой в справочнике «Jane's Fighting Ships». При этом следует учитывать, что близкие по водоизмещению и характеристикам корабли могут относиться к различным классам в зависимости от организационной структуры ВМС страны.

В качестве примера можно привести французские корабли международного проекта FREMM (участники — Франция и Италия) типа «Aquitaine», отнесённые к эсминцам, в то время как строящиеся по этой программе корабли для ВМС Италии и построенный на верфи DCNS во Франции корабль для ВМС Марокко относятся к фрегатам.

ВМС США

По состоянию на конец 2014 г. в строю находились 64 ЭМ с управляемым ракетным оружием (ЭМ УРО) типа «Arleigh Burke». Строительство кораблей ведется подсериями с 1987 г. (табл. 3).

Ожидается, что срок службы ЭМ УРО подсерий I и II составит 35 лет.

Корабли подсерии IIA в количестве 34 ед. вошли в состав ВМС в период 2000—2012 гг. В настоящее время продолжается строительство кораблей этой подсерии. Очередной корабль (DDG 113) должен вступить в состав ВМС в 2015 г. До 2022 г. включительно предусмотрено строительство ещё девяти кораблей (DDG 114 — DDG 122), после чего начнется строительство ЭМ новой подсерии — III.

К концу 2023 г. в составе ВМС США будут находиться 75 ЭМ УРО типа «Arleigh Burke» четырёх подсерий.

В период с 2024 по 2035 гг. предполагается продолжить строительство эсминцев подсерии III. ЭМ УРО типа «Arleigh Burke» строятся на двух верфях: General Dynamic's Bath Iron Works (GD BIW; Bath, шт. Мэн) и Huntington Ingalls Industries (HII; Newport News, шт. Виргиния), на которых в 2014 г. заложены четыре корабля.

Строительство ведётся модульным методом. Каждая верфь строит очередной корабль самостоятельно. При этом технологические процессы у обеих верфей строго унифицированы, тщательно соблюдаются габаритные размеры элементов и модулей и при необходимости возможен переход на перекрёстное строительство, когда определённые модули, изготовленные на одной верфи, передаются на другую для стыковки с корпусом корабля.

ЭМ УРО типа «Arleigh Burke» разработаны как универсальные боевые надводные корабли. Они предназначены как для выполнения самостоятельных операций, так и для действий в составе АУГ, конвоев и десантно-высадочных групп. На них возлагаются задачи ПВО, ПРО от баллистических ракет (БР), ПЛО, действий против надводных кораблей (НК) и наземных целей в глубине территории противника.

Таблица 1

Строящиеся эсминцы зарубежных ВМС

Страна	Тип ЭМ	Период строительства	Размер серии	Количество ЭМ в составе ВМС
США	«Arleigh Burke» (Flight IIA)	2000—2022	34	30
	«Zumwalt»	2011—2018	3	—
Великобритания	«Daring» (Type 45)	2003—2014	6	6
Франция	«Aquitaine»	2007—2022	11	1
Австралия	«Hobart»	2012—2019	3	—
Япония	«Akizuki»	2009—2014	4	4

[1] См. также: Зарубежные ВМС в 2014 г. Современное состояние и перспективы развития подводных сил зарубежных ВМС (Судостроение. 2015. № 2); Зарубежные ВМС. Современное состояние и перспективы развития авианосцев и десантных кораблей (Судостроение. 2015. № 4).

Таблица 2

Характеристики строящихся эскадренных миноносцев зарубежных ВМС

Характеристики	Тип ЭМ				
	«Arleigh Burke» (Flight IIA)	«Zumwalt»	«Daring» (Type 45) (программа Horizon)	«Aquitaine» (программа FREMM)	«Hobart»
Принадлежность ВМС	США	США	Великобритания	Франция	Австралия
Количество в составе ВМС	34	0 + 3	6	2 + 9	0 + 3
Годы вступления в строй	2000—2020	2016—2018	2012—2014	2014—2022	2015—2017
Водоизмещение, т:					
полное	9400	•	7600	6100	6350
стандартное	•	15 600	5900	5200	•
Размерения, м:					
длина	155,3	185,9	152,4	1422	146,7
ширина	20,3	24,6	21,2	19,7	18,6
осадка	6,7	8,4	5,3	5,4	4,9
Состав ГЭУ (мощность, л. с.)	4 ГТД LM 2500 (100 000)	2 ГТГ MT 30 (•), 2 вспом. ТГ RR 4500 (•), 2 подруливающих устр-ва (105,3)	2 ГТГ переменного тока RR WR-21 (67 600), 2 ДГ 12V200 (5400), 2 ГЭД (53 600)	1 ГТД LM 2500 T4 (43 500), 4 ДГ 16V400M63L (11 260), 2 ГЭД (5800)	2 ГТД LM 2500 (47 300), 2 дизеля (12 200)
Число валов	2	2	2	2	2
Скорость полного хода, уз	31	30	31	27,5	28
Дальность плавания (на скорости хода, уз), мор. миль	4300 (20)	4500 (13)	6500 (18)	6000 (15)	5000 (18)
Экипаж, чел.	278 (DDG 79-84), 276 (DDG 85-99,100-102), 282 (DDG 103, 104, 105-116)	148, в т. ч. 28 — экипаж авиакрыла	191 + 41 запасная койка	94, в т. ч. 14 — экипаж авиакрыла + 37 запасных коек	205, в т. ч. 19 — экипаж авиакрыла + 29 запасных коек
Оружие					
Ракетное:					
противокорабельное и против береговых целей	«Tomahawk» Block III, IV (УВП Mk 41)	«Tomahawk» Block IV	8 «Harpoon»	16 «Scalp-Naval» (2x8 УВП SylverA70); 8 «Exocet» MM40	8 «Harpoon» Block II
зенитное	ЗУР «Standard» SM-2 Block III, IVA (УВП Mk 41); 32 ESSM RIM-162	ЗУР «Standard» SM-2, ESSM	32 ЗУР «Aster 30», 16 «Aster 15» (6x8 УВП Sylver A50; Sea Viper)	16 ЗУР «Aster 15» (2x8 УВП Sylver A43)	32 ЗУР «Standard» SM-2 Block III (УВП Mk 41), 64 ESSM RIM 162B
противолодочное	ASROC VLA (УВП Mk 41)	ASROC VLA	—	—	—
Артиллерийское	1—127-мм АУ Mk 45 Mod 2/Mod 4; 2x6—20-мм ЗАК «Vulcan Phalanx» Block 1B	2—155-мм АУ (снаряды LRLAP), 2—57-мм АУ ближнего рубежа	1—114-мм АУ Mk 8 Mod 1; 2—20-мм ЗАК «Vulcan Phalanx» Block 1B; 2—30-мм АУ REMSIG MSI DS 30A	1—76-мм АУ Super Rapid; 2—20-мм, 2—12,7-мм пулемета	1—127-мм АУ Mk 45 Mod 4; 1x6—20-мм ЗАК «Vulcan Phalanx» Block 1B; 2—25-мм АУ «Typhoon»
Торпедное	2x3—324-мм ТА Mk 32 Mod 14; торпеды Mk 46 Mod 5 или Mk 50	•	—	2x2—324-мм ТА B515/2H/F; торпеды MU 90	2x2—324-мм ТА Mk 32 Mod 9; торпеды MU 90
Средства противодействия	2 6 ПУ ЛЦ SRBOC Mk 36 Mod 12/Sea Gnat; система ПТЗ SLQ-25A Nixie; SLQ-95 AEB; SLQ-39; системы РЭБ SLQ-32(V)3/SLY-2	•	4 ЛЦ DLH, DLF; система ПТЗ Type 2170; системы РЭБ UAT Mod 2, Seaseeker-Shaman	ЛЦ NGDS, система ПТЗ SLAT; система РЭБ Sigen	ПУ ЛЦ SRBOC/Sea Gnat; 4 ЛЦ Mk 37 Mod 1 SKWS; LESCUT; 4 ПУ ЛЦ Mk169 Nulka; система ПТЗ SLQ-25 Nixie; системы РЭБЕS 3701-02S
Авиационное вооружение	2 вертолета LAMPS III SH-60R	2 вертолета MH-60R или 1 MH-60R + 3 БЛА	2 вертолета «Lynx» Mk HMA или 8 «Merlin» 1 HM.Mk 1	1 вертолет NH-90	1 вертолет MH-60R
Радиоэлектронное вооружение:					
РЛС	SPY-1D, SPS-67(V)3/5, SPS-64(V)9	SPY-3, SPS-73	Type 1046 (S 1850M), Type 1045 («Sampson»), Type 1047, 1048	«Herakles», NA-25 XP (RTN-30X), 2 «Scanter» 2001	SPY-1D(V), SPQ-9B, SPG-62 Mk 99, Radarpilot 1100
ГАС	SQQ-89(V) 10/14/15	SQS-90 SQS-60, SQS-61, SQR-20	Type 2091 (MFS-7000)	MFS4110CL, CAPTAS UMS-4249 VDS	Type 2150, VDS
АСБУ, системы обмена информацией	TADIX-B/J, CEC, Links 4A, 11, 16	•	CMS-1, Link 11, 16STDL, 22, SATCOM	SETIS CMS, Link 11, 16, 22, JSAT	Aegis Baseline 7.1, Link 11, 16, USG-2A CEC
СУ стрельбой	SWG-4/5, Mk 99 Mod 3, Mk 80, Mk 34 GWS, Mk 116 mod 7	•	GSA 9	«Artemis» IRST, Nagic	Mk 20 EOSS, «Vampir» IRST, Ultra 2500

Условные обозначения: АУ — артиллерийская установка; БЛА — беспилотный летательный аппарат; ВПУ — вертикальная пусковая установка; ГТГ — газотурбинный генератор; ГТД — газотурбинный двигатель; ГЭД — гребной электродвигатель; ДГ — дизель-генератор; ЗАК — зенитно-артиллерийский комплекс; ПУ ЛЦ — пусковая установка ложных целей; РЭБ — радиоэлектронная борьба; ТА — торпедный аппарат; ТГ — турбогенератор; ПТЗ — противоторпедная защита.

Таблица 3

Строительство ЭМ ВМС США

Подсерия	Количество (бортовые номера)	Ввод в состав ВМС, г.	Перечень изменений
I	21 (DDG 51-71)	1991—1997	Базовый проект
II	7 (DDG 72-78)	1998—1999	Снижение массы надстройки, увеличение толщины брони на 3/4 длины корпуса, изменение носового бульба, снижение уровней кавитационного шума гребного винта, установка пяти дополнительных бронированных переборок
IIA	42 (DDG 79-122)	2000—2022	Удлинение корпуса на 1,37 м, технология строительства с насыщением секций до интеграции в модули корпуса, внедрение спутниковой связи, улучшение обитаемости, вертолётные ангары из композитных материалов (начиная с ЭМ DDG-86), добавление ЗРК RIM-162 Sea Sparrow; ангар на 2 вертолёта
III	9 (DDG 123-129)	2023—2025	Установка системы ПРО в процессе строительства; повышенные возможности электронных систем; усовершенствованные РЛС SPY-1D(V), АСУ стрельбой SYQ-27, модернизированные КР «Tomahawk», АСБУ SQQ-89 A(V)15 с активно-пассивной и буксируемой ГАС; легкая авиационная многоцелевая система Mk 3 Block 3 с вертолётом MH-60R Sikorsky; снижение численности экипажа с 380 до 200 чел; увеличение срока службы корабля с 40 до 50 лет
IIIA	10 (DDG 130-139)	2026—2032	РЛС ПВО—ПРО AMDR (Air and Missile Defence Radar) с увеличенной чувствительностью; усовершенствованная АСБУ Aegis; усовершенствованная ЭУ с увеличенной мощностью. Ожидаются другие усовершенствования

Условные обозначения: АСБУ — автоматизированная боевая система управления; АСУ — автоматизированная система управления; ГАС — гидроакустическая станция; ЗРК — зенитно-ракетный комплекс; КР — крылатая ракета; ПВО — противовоздушная оборона; ПРО — противоракетная оборона; РЛС — радиолокационная станция; ЭУ — энергетическая установка.

Ключевая система вооружения ЭМ УРО типа «Arleigh Burke» — автоматизированная боевая система управления (АСБУ) «Aegis», выпускаемая несколькими модификациями и представляющая собой организационно-техническое интегрирование корабельных средств освещения обстановки, поражения и управления на основе широкого внедрения АСУ. Система способна также принимать и обрабатывать данные от информационных систем других кораблей и летательных аппаратов (ЛА) соединения и выдавать данные целеуказания на их пусковые комплексы.

В боевом информационном центре (БИЦ) корабля установлены 18 пультов, предназначенных для управления различными системами и датчиками, в том числе пульт для управления навигационной радиолокационной станцией (РЛС), четыре пульта для выполнения операций ПЛО, один для действий против надводных кораблей, пульт для системы управления (СУ) стрельбой противокорабельными ракетами (ПКР) «Harpoon», крылатыми ракетами (КР) «Tomahawk» и др.

Ведущую роль в комплексировании боевых и технических средств в системе «Aegis» играют многофункциональная РЛС AN/SPY-1, которая выполняет функции поиска целей и управления огнем, и вертикальные пусковые установки (ВПУ) Mk 41.

РЛС AN/SPY-1 имеет несколько модификаций. Начиная с ЭМ DDG-91 «Pinckney» и далее устанавливается РЛС AN/SPY-1D(V), имеющая возможность захвата и сопровождения БР.

На ЭМ УРО DDG-113 «John Finn» подсерии IIA, строительство которого заканчивается, будут установлены новая РЛС и АСБУ «Aegis» более современной модификации 9D.

С 2011 г. на верфи GD BIW ведется строительство серии из трёх ЭМ нового поколения типа DDG 1000 «Zumwalt». Они должны послужить платформой для отработки технических решений, которые далее будут использованы на кораблях, строящихся крупными сериями. В частности, на ЭМ будет отработана схема полного электродвижения — интегрированная электроэнергетическая система, которая обеспечивает энергией как главную энергетическую установку (ГЭУ), оружие и радиоэлектронное вооружение (РЭВ), так и общекорабельные нужды. Суммарная мощность ЭУ ЭМ с учётом потерь составляет 77,5 МВт, что позволит кораблю водоизмещением 14 560 т развить скорость полного хода более 30 уз (потребная мощность 73 МВт) и обеспечить общекорабельные нужды суммарной мощностью до 5 МВт. При меньших скоростях хода высвобождается больше электроэнергии на общекорабельные нужды. Такое решение энергетического вопроса позволит в будущем применить на ЭМ типа «Zumwalt» перспективные образцы энергоёмкого оружия, например электромагнитные пушки (ЭМП) и лазерное оружие.

На первых двух ЭМ типа «Zumwalt» будут установлены обыкновенные ГЭД, на третьем — перспективные с использованием эффекта высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Полномасштабный гребной электродвигатель (ГЭД) с использованием ВТСП изготовлен для испытаний фирмой American Superconductor Corp. при участии фирмы Northrop Grumman Electronic Systems-Marine Systems. Вдвое меньшие линейные габариты ГЭД ВТСП по сравнению с обычным ГЭД позволят снизить водоизмещение корабля примерно на 200 т или использовать высвободившийся объём для других целей.

Разрабатываемая ЭМП рельсового типа при успешном и своевременном завершении работ будет установлена на последнем ЭМ вместо 155-мм артиллерийской установки. Принцип действия ЭМП основан на разгоне снаряда не пороховым ускорителем, а электромагнитным импульсом. ЭМП будут вести залповый огонь по 10 выстрелов и использовать обычные баллистические или управляемые снаряды.

На ЭМ типа «Zumwalt» будет отработана первая в мире система размагничивания, использующая эффект ВТСП. В ней применена сверхпроводящая кабель-шина фирмы AMSC, способная проводить электрический ток в 150—200 раз большей силы, чем медный кабель аналогичного сечения. В качестве рабочего тела криостата выбран газообразный гелий (в связи с его взрывобезопасностью и возможностью обеспечить высокую плотность рабочего тока за счёт глубокого охлаждения кабеля).

ЭМ типа «Zumwalt»

В состав корабельной системы размагничивания входит от 20 до 40 криогенных гелиевых компрессоров в зависимости от водоизмещения корабля (с целью снижения стоимости системы используются промышленные компрессоры мощностью по 100 кВт). Рабочий ток — от 100 до 200 А.

Криогенная корабельная система размагничивания по сравнению с традиционной системой характеризуется на 50—90% меньшей массой и на 60% меньшей стоимостью монтажа. Протяжённость кабелей системы сокращается на 90%.

Главная особенность проекта ЭМ УРО типа «Zumwalt» — сниженные уровни радиолокационной и акустической заметности.

Для обеспечения малой эффективной поверхности рассеивания (ЭПР) корабль имеет заваливающиеся внутрь обводы бортов выше ватерлинии (примерно 8° по отношению к вертикали) и сторон надстройки (10—16°). Кроме того, стальной корпус ЭМ выше ватерлинии будет иметь противорадиолокационное покрытие. Композитные (поглощающие радиолокационные волны) боковые стенки надстройки и вертолётного ангара выполнены заподлицо с бортами корабля. Отверстия в корпусе и надстройке закрыты лацпортами. Стволы орудий выполнены убирающимися в специальные укрытия. Всё это позволило существенно снизить ЭПР по сравнению с прямоугольной формой корпуса и надстройки.

Высокие показатели акустической скрытности достигнуты благодаря внедрению электродвижения и использованию опыта атомного подводного кораблестроения по амортизации и звукоизоляции механизмов и машин. В результате расчётный уровень шумности ЭМ типа «Zumwalt» сравним с уровнем шумности АПЛ типа «Los Angeles».

Еще одним инновационным проектным решением стало расположение ВПУ, блоки которых размещены «периферийно» (вдоль бортов); в носовой части перед надстройкой по шесть ВПУ с каждого борта; в кормовой части за надстройкой и вертолётным ангаром по четыре блока справа и слева от полётной палубы.

Такое рассредоточение ВПУ позволило высвободить пространство внутри корпуса, снизить вероятность уничтожения всех ВПУ, а также повысить живучесть ЭМ за счёт снижения мощности взрыва при попадании средств уничтожения в отдельные батареи.

Коффердамы размещения периферийных ВПУ имеют тонкую стальную наружную и толстую внутреннюю оболочки, что должно обеспечить распространение взрывной волны наружу, а не внутрь корпуса корабля. По мнению американских специалистов, такая конструкция снизит поражающее воздействие ПКР или снарядов противника при их попадании.

ЭМ типа «Zumwalt» характеризуются высокой степенью автоматизации, которая обеспечивается применением единой общекорабельной компьютерной сети с одноплатными компьютерами PPC7A и PPC7D, единым программным обеспечением и стандартным, рассчитанным на простоту использования «коммерческим интерфейсом». Такой подход позволяет снизить затраты на обучение персонала, техническое обслуживание и эксплуатацию сети и, самое главное, сократить численность экипажа до 142 чел., включая персонал авиакрыла (на ЭМ типа «Arleigh Burke» экипаж в зависимости от подсерии составляет 324—380 чел.).

Специально разработанная для ЭМ типа «Zumwalt» автоматическая система пожаротушения и отключения аварийных трубопроводов фирмы Fairmount Automation (США) осуществляет выявление, локализацию и подавление пожара на борту корабля, а также отключает аварийные участки трубопроводов.

В состав РЭВ ЭМ входят: новая многофункциональная трёхмерная РЛС AN/SPY-3 с дальностью действия более 200 мор. миль, выполняющая функции ПВО, ПРО, борьбы с НК, управления артиллерийской стрельбой и навигационным вооружением; двухдиапазонный гидроакустический комплекс (ГАК), обеспечивающий повышенные возможности обнаружения подводных лодок и мин.

Для использования ударного оружия — зенитных управляемых ракет (ЗУР) «Sea Sparrow» и «Standard» SM-3, КР «Tomahawk», перспективных ракет ALAM (Advanced Land Attack Missile) для атак наземных целей, противолодочных ракет (ПЛУР) ASROC — разработаны универсальные ВПУ Mk 57.

Корабль оснащается двумя новыми 155-мм АУ с боекомплектом 920 выстр. (600 в магазинах пушек и 320 в погребе) и скорострельностью 10 выстр./мин., стрельба очередями по 9—14 выстр. (средняя спецификационная очередь — 10 выстр.); боекомплект рассчитан на 70—100 очередей и состоит из обычных баллистических снарядов с дальностью стрельбы до 41 км и управляемых с помощью системы GPS активно-реактивных снарядов для поражения береговых целей. Снаряд массой 11 кг имеет предельную дальность стрельбы 185 км. Снаряды будут храниться в специальных контейнерах по восемь выстрелов и автоматически подаваться из погреба к автомату заряжания. Установки располагаются в носовой части корабля перед надстройкой в ДП, их стволы убираются в башни. Ствол имеет водяное охлаждение. Считается, что две башни обеспечивают ЭМ огневую мощь, эквивалентную мощности 18 обычных полевых орудий М-198.

Концепция нового корабля ПРО от БР для ВМС США была представлена на ежегодной выставке Sea-Air-Space Expo 2013 корпорацией HII. В качестве прототипа нового корабля использован проект десантного корабля «San Antonio». Корабль предполагается оснастить интегрированной многофункциональной АСБУ

ЭМ УРО «Daring»

«Aegis» с РЛС X-диапазона (длина волны 3,0—3,75 см). В центральной и кормовой частях разместятся ВПУ Mk 41 и/или Mk 57 с 18x16 ячейками каждая, предназначенными для размещения ЗУР «Standard» (SM-2, SM-3 и SM-6), КР «Tomahawk», а также другого ракетного вооружения. Для ЗУР самообороны предусматриваются 2x21 ПУ Mk 49. Артиллерийское оружие будет включать универсальные 57-мм АУ на баке и Mk 110 в корме.

На корабле будет большая вертолетная площадка с подпалубным ангаром и подъёмником, что обеспечит постоянное базирование нескольких вертолётов или самолётов вертикального взлета и укороченной посадки MV-22 «Osprey».

ВМС Великобритании

В составе ВМС Великобритании находятся шесть ЭМ УРО типа «Daring» (тип 45), построенных в период 2003—2014 гг. на верфи BAE Systems Marine AS.

Главное предназначение корабля — ПВО, но он может решать задачи ПЛО и ПРО, включая БР, наносить артиллерийские удары по береговым объектам и обеспечивать поддержку морского десанта.

При разработке проекта ЭМ использованы новые технические решения и учтены новые требования. ЭМ типа 45 являются первыми английскими военными кораблями, построенными в соответствии с требованиями Регистра Ллойда к корпусам военных кораблей.

Гладкопалубный корпус разделен по длине двенадцатью водонепроницаемыми переборками на тринадцать отсеков, насчитывающих 760 помещений, и имеет пять палуб. Единой броневой защиты ЭМ нет — отдельные жизненно важные внутренние помещения оборудованы бронированными переборками. Корпус и надстройка выполнены из стали.

Для минимизации радиолокационных отражений корпус на большей части длины имеет развал 7—10°, в носовой части — до 20°, борт надстройки выполнен с завалом 25°. Во всех наружных конструкциях исключены прямые углы, палубное оборудование убрано под настил или за фальшборт верхней палубы. Снижено количество оборудования, расположенного на мачтах. Фок-мачта выполнена в виде четырёхгранной пирамиды со срезанными под углом 45° рёбрами граней. Аналогичную форму имеют обтекатели труб и бизань-мачта.

Снижение теплового поля корабля достигается за счёт применения рекуперации тепла в рабочем цикле газовой турбины, водяного охлаждения кожухов дымовых труб и, возможно, водяного орошения надстройки и корпуса.

Требуемые параметры акустического поля обеспечены, в первую очередь, благодаря применению электродвижения, а также тщательной балансировке вращающихся деталей машин, амортизации и звукоизоляции самих машин и механизмов, размещению главных агрегатов в звукоизолированных выгородках.

Корабль имеет двухвальную ЭУ суммарной мощностью 40 МВт (54 385 л. с.) и оснащен гребными винтами фиксированного шага (ГВФШ). Основными источниками энергии служат два электрогенератора с приводами от газотурбинных двигателей, вспомогательными — два дизель-генератора.

ЭМ типа 45 — первый корабль, обитаемость которого разработана с учётом новых стандартов ВМС Великобритании. Площади жилых и санитарных помещений на одного члена экипажа увеличены на 40% по сравнению с прежними стандартами. Экипаж размещён в каютах (кубрики отсутствуют), максимальная каюта — 6-местная. Каждое спальное место оборудовано шторой и индивидуальной вентиляцией. Все члены экипажа имеют штатные персональные спальные места.

Основная система оружия ЭМ типа 45 — противоракетная зенитная система PAAMS (Principal Anti Air Missile System), которая включает в себя:

— многофункциональную активную РЛС «Sampson» воздушного слежения (способна обнаруживать и постоянно отслеживать несколько сотен целей на расстоянии до 400 км). При этом РЛС одновременно охватывает всю верхнюю полусферу пространства от горизонта до горизонта. Работает в диапазоне частот S (2—4 ГГц);

— РЛС дальнего обнаружения S1850M 3D, автоматически обеспечивающую обнаружение, классификацию, выбор и сопровождение до 1000 целей, в том числе имеющих высокую скрытность, на дистанции до 400 км. РЛС может обнаруживать объекты во внешних слоях атмосферы, что делает её пригодной для борьбы с БР. В стадии испытаний находится новая модификация РЛС, которая обеспечит обнаружение морских целей на удалении свыше 800 км и космических объектов — на удалении 400 км.

Зенитно-ракетный комплекс (ЗРК) PAAMS включает 6x8 ВПУ Sylver A50 для ЗУР «Aster 15» или «Aster 30». Ракеты снабжены инерциальным компьютером с заложенными данными целеуказания, активной доплеровской РЛС J-диапазона частот и 15-кг боевой частью (БЧ). Предусмотрена возможность повторной

атаки. Средства поражения наземных целей на ЭМ типа 45 в настоящее время не предусмотрены. Вместе с тем отмечается, что при необходимости ВПУ Sylver-A50 могут быть заменены на американские ВПУ Mk 41 или на французские Sylver A70.

Борьба с подводными лодками возложена на вертолёты «Lynx» HMA 8, способные нести 324-мм торпеды «Sting Ray» (боезаряд 45 кг, дальность хода до 11 км, глубина хода до 800 м). Обнаружение ПЛ обеспечивает носовая бульбовая многофункциональная гидроакустическая антенна, способная отслеживать одновременно до 99 целей и автоматически анализировать параметры движения цели, движущейся со скоростью до 40 уз. Имеется функция миноискания. Дальность действия в активном режиме — 15 мор. миль, в пассивном — 35 мор. миль.

Вертолёты «Lynx» HMA 8 несут также ПКР «Sea Skua» (дальность полёта — 25 км, скорость полёта — 0,8 М, масса БЧ — 28 кг, полуактивное радиолокационное наведение).

ВМС Франции

Первый французский ЭМ международного проекта FREMM «Aquitaine» был заложен в 2007 г. В настоящее время в строю находится один корабль, еще пять — на разных стадиях постройки.

ВМС Египта 16.02.2015 г. заключили контракт стоимостью 1 млрд евро с французской фирмой DCNS и ВМС Франции о приобретении ЭМ «Normandie» — второго в серии кораблей типа «Aquitaine». ЭМ «Normandie» проходил ходовые испытания с февраля 2015 г. и планировался к вводу в состав ВМС Франции в этом же году, однако процесс подготовки к вводу был прерван после начала переговоров с ВМС Египта.

Сделка была согласована с ВМС Франции при условии, что четыре построенных ЭМ этого типа будут переданы ВМС до конца 2016 г., а до 2019 г. в составе флота будут шесть ЭМ.

Для обеспечения национальных ВМС требуемым количеством ЭМ типа «Aquitaine» верфь фирмы DCNS планирует ускорить темп строительства последующих кораблей — вместо предусмотренного текущими планами строительства одного ЭМ за 16 мес корабль должен быть построен за 12 мес.

Вооружение ЭМ типа «Aquitaine» — новые КР «Scalp Naval» французской разработки, которые обеспечивают возможность нанесения ударов по береговым целям на удалении 1000 км.

Двухвальная комбинированная дизель-электрическая и газотурбинная ЭУ с ГВФШ обеспечивает экономическую скорость хода 16 уз при электродвижении (достаточную для выполнения 60% задач) и максимальную — 27 уз. Имеется носовое выдвижное вспомогательное подруливающее устройство.

Малые и средние скорости хода ЭМ будут обеспечиваться с помощью двух электродвигателей мощностью по 2,2 МВт, работающих от четырех дизель-генераторов мощностью 8,4 МВт, охлаждаемых забортной водой. Такое решение, по мнению разработчиков, приведет к снижению заметности по инфракрасному полю, так как выхлопные газы работающего дизель-генератора будут выпускаться через боковые выхлопные трубы, расположенные выше ватерлинии в носовой части корабля.

Требование высокого уровня автоматизации позволяет сократить экипаж до 108 чел. (на ранее построенных фрегатах типа «La Fayette» — 178 чел.). При этом предусмотрены койки на 145 чел.

Фирма DCN разработала для ЭМ типа «Aquitaine» интегрированную мачту небольшой массы с малой ЭПР, позволяющую увеличить пространство для интеграции антенн с обеспечением их электромагнитной совместимости.

ВМС Австралии

Ведётся строительство трёх ЭМ ПВО нового поколения типа «Hobart». В качестве прототипа использован проект фрегата F-100 «Alvarado de Bazan» ВМС Испании.

Корабли строятся секционным методом — корпус состоит из 31 секции, из них 12 секций производятся на верфи BAE Systems в Melbourne, десять — на верфи Forgacs в Newcastle и девять — на верфи ASC в Osborne. Монтаж секций и достройка кораблей осуществляются на верфи ASC. Стоимость программы из трёх кораблей определена в 6 млрд австрал. дол. (более 5,3 млрд дол. США) по курсу на дату подписания контракта с верфями на строительство кораблей — 4 октября 2007 г.

По заявлениям зарубежных специалистов, ЭМ ПВО типа «Hobart» могут обеспечивать ПВО морских операций от режима охраны боевых конвоев до «...управления национальными задачами и дипломатическими миссиями». Особо отмечается, что устанавливаемая на них АСБУ «Aegis» будет адаптирована к условиям эксплуатации ВМС Австралии и «...будет использовать наиболее современные доступные австралийской промышленности технологии, обеспечивая повышенные требования национальных ВМС».

Кроме того, ЭМ будут оснащены современными командно-информационными средствами связи CEC (Cooperative Engagement Capability), которые позволят кораблям действовать в составе «сети», и средствами обнаружения и выдачи информации от средств наблюдения, что должно обеспечить всем кораблям «беспрецедентные уровни взаимодействия с партнёрами по коалиции и союзниками».

ВМС Южной Кореи

ВМС Южной Кореи планируют приступить в 2016 г. к строительству серии перспективных ЭМ, принципиальной особенностью которых станет установка новой АСБУ ПРО-БР «Aegis MDS» (Aegis Missile Defense System), спроектированной для использования новейшей противоракеты SM-6 с предельной высотой от 320 до 400 км.

О планах строительства серии из шести ЭМ, ввод в состав ВМС которых предполагается в 2019—2026 гг., было объявлено в 2009 г. Корабли имеют неофициальное обозначение KDX-2X и станут развитием ЭМ типа KDX-2, но будут вооружены противоракетами SM-6.

Решение о приобретении противоракет SM-6 было принято в рамках программы по созданию средства защиты от БР KAMD (Korea Air and Missile Defense System). Это стало ответной мерой на постоянные угрозы Северной Кореи использовать БР против Южной Кореи.

Система KAMD предусматривает защиту от низколетящих БР малой и средней дальности. В состав системы входят наземные РЛС дальнего обнаружения, корабельные и наземные системы ПРО-БР; она также будет получать информацию от разведывательных искусственных спутников Земли США. В течение следующего десятилетия для системы KAMD должны быть приобретены хорошо отработанные ракеты ПВО PAC-3 и PAC-2.

МЕТОД РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ СУДНА ПРИ РАБОТЕ НАБЕГАМИ

А. И. Костылев, К. Е. Сазонов, докт. техн. наук
(ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
e-mail: krylov@krylov.spb.ru)

УДК 629.561.5:629.5.015.2

В настоящее время ведется проектирование перспективных систем управления ледовой обстановкой и арктических транспортных систем, базирующихся на математическом аппарате расчёта параметров объекта в зависимости от измеряемых или прогнозируемых условий внешней среды. В качестве объекта контроля и управления в таких системах применяется ледокольное судно или группа ледокольных судов. Одним из основных параметров такого судна является его сопротивление при движении в определенных ледовых условиях (толщина льда, сплочённость битого поля, глубина и длина торосистого поля и др.).

Необходимость расчёта сопротивления судна при работе набегами связана с оценкой времени разрушения торосистого образования при защите морского инженерного сооружения или при преодолении торосистых перемычек [1—3]. Так, теоретические исследования показывают, что общий уровень глобальной ледовой нагрузки, действующей на сооружение с наклонной передней гранью при взаимодействии с торосистым образованием, может быть снижен на 11—12 % уже при первом проходе ледокола через него [4].

На основе многочисленных натурных испытаний ходкости ледоколов различных типов при работе набегами, проводившихся в арктических морях и на замерзающих реках в 80—90-х годах прошлого века в России, были разработаны аналитические и эмпирические методы оценки динамики судов при работе набегами, а также соответствующие методики модельных испытаний в ледовом опытовом бассейне. Однако большинство этих методов подходит лишь для случая преодоления запредельных льдов, т. е. льдов, толщина которых больше ледопроходимости ледоколов, поэтому целью данной статьи является разработка подходящего метода для расчета сопротивления судна при преодолении торосистых образований набегами.

Описание метода расчёта сопротивления судна. Процесс движения судна при форсировании торосистого образования можно разделить на четыре этапа (рис. 1). Первый этап — движение в ровном льду, в непосредственной окрестности торосистого образования, второй — взаимодействие с торосом вплоть до остановки в нём, третий — отход судна на дистанцию разбега, последний — разгон на переднем ходу в канале и вторичное взаимодействие с торосистым образованием. Далее этапы со второго по четвёртый повторяются до тех пор, пока судно окончательно не пройдёт торосистое образование.

Предлагаемый метод расчёта ледового сопротивления ледокола при работе набегами представляет собой совокупность мето-

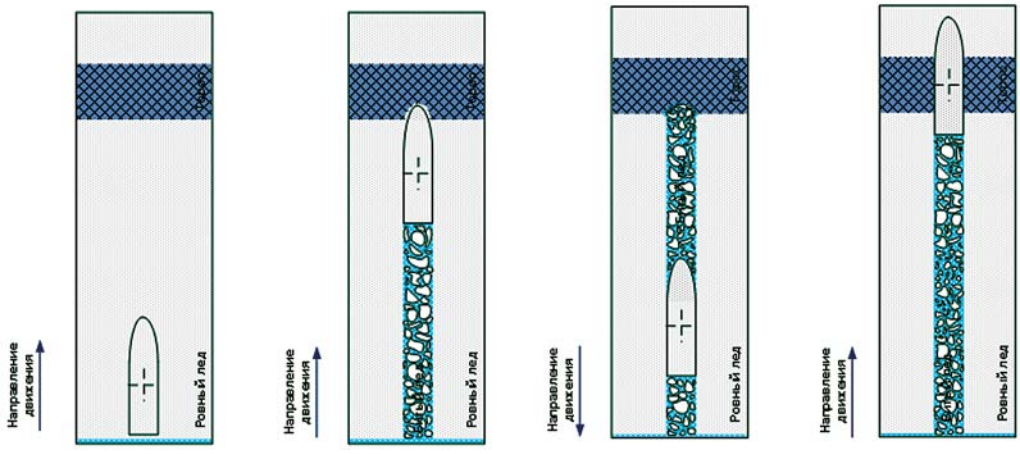


Рис. 1. **Схематичное представление работы судна набегами через торос**

дики расчёта сопротивления в разных ледовых условиях и динамики прямолинейного движения судна.

В качестве методики расчёта сопротивления в ровном льду использовалась методика Б. П. Ионова, учитывающая в явном виде форму корпуса судна, его главные размерения, состояние обшивки и физико-механические характеристики льда [5]. Для расчёта сопротивления в битых льдах была использована полуэмпирическая формула, предложенная А. Я. Рывлиным [6].

Разрушенный участок торосистого образования представляет собой скопление крупных обломков консолидированной части тороса и ледяной каши, образовавшейся после прохода судна. Сопротивление судна на этом участке рассчитывалось по формуле, предложенной финскими специалистами [7].

Максимальное сопротивление в торосе определялось по разработанной ранее методике [8]. Эта методика позволяет вычислить максимальную силу сопротивления тороса в момент, когда наибольшее по ширине сечение корпуса находится над максимальным углублением киля тороса.

В решаемой задаче динамика движения судна в продольном направлении описывается дифференциальным уравнением вида

$$\frac{dV}{dt} = m^{-1}(T-R) \quad , \qquad (1)$$

где V — скорость движения судна в продольном направлении; m — масса судна с учетом присоединённой массы; T — тяга движителей, которая зависит от V; R — сопротивление льда (ровного, битого, торосистого в зависимости от рассматриваемого этапа взаимодействия судна с ледяным покровом), также зависящее от скорости движения.

Величина сопротивления зависит от условий преодоления конкретного типа ледяного покрова, положения ледокола на рабочем участке тороса и скорости движения объекта. При прохождении ледокола через торос эта зависимость определялась следующим образом. При расчёте было принято, что торосистое образование имеет форму равнобедренного треугольника, поэтому сопротивление в середине тороса имеет максимальное значение, а вне границ тороса соответствует сопротивлению в ровном льду при скорости движения в данный момент времени. Ледовое сопротивление аппроксимировалось линейной зависимостью от величины внедрения ледокола в торос. На каждом шаге интегрирования уравнения (1) выполнялось перестроение кривой сопротивления в соответствии с мгновенной скоростью ледокола в торосе.

В разработанном алгоритме решения задачи точки остановки в торосе фиксируются, и при очередном набеге сопротивление на разрушенном участке тороса рассчитывается до этой точки. Как только судно преодолело предыдущую точку остановки, расчёт сопротивления уже проходит по кривой, построенной для тороса с текущей скоростью.

Если рассматривать торосистое образование в форме трапеции, то аппроксимация ледового сопротивления происходит аналогичным образом, с учётом линии максимального сопротивления, равной длине меньшего основания.

Представленный метод расчёта сопротивления при работе набегами через торосистые образования имеет ряд упрощений. Первое заключается в том, что ледовый покров представляется абсолютно ровным. Второе — отсутствие условия заклинивания судна в торосе. Последнее — не учитывается расползание киля тороса в стороны во время движения судна.

В качестве примера для расчётов был выбран дизель-электрический ледокол пр. 21 900 типа «Москва», модельные испытания которого проводились в ледовом опытовом бассейне ФГУП «Крыловский ГНЦ». Используя теоретический чертёж корпуса судна, характеристики движительно-рулевого комплекса и результаты модельных испытаний, удалось получить адекватную математическую модель движения судна.

Схема и алгоритм моделирования. Для реализации расчёта сопротивления судна при работе набегами была составлена схема моделирования (рис. 2) в инженерном пакете Matlab.

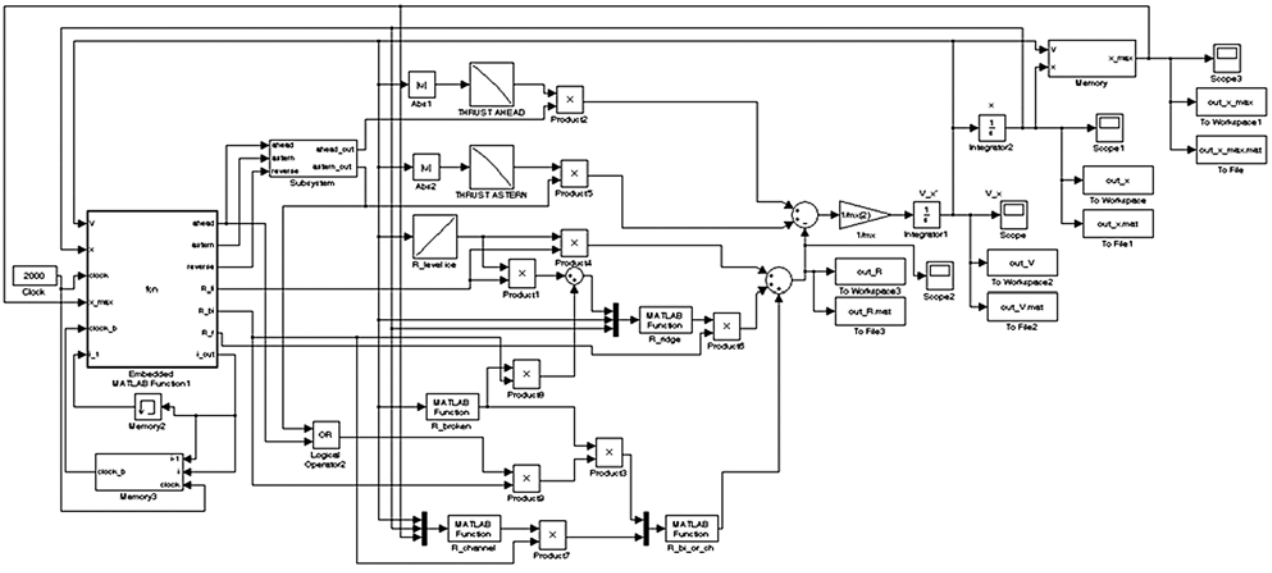


Рис. 2. **Схема моделирования работы судна набегами**

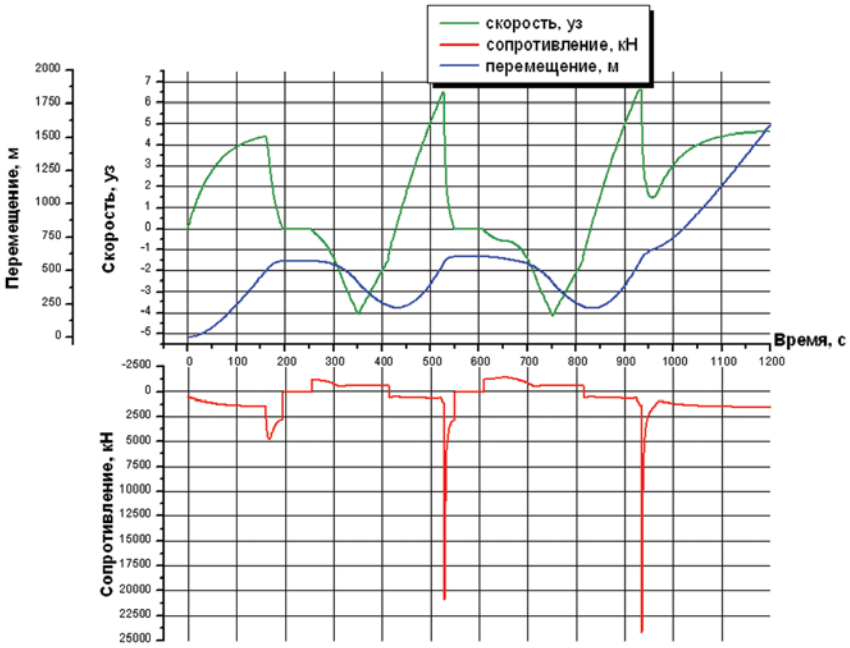


Рис. 3. **Графики изменения выходных переменных**

Схема моделирования состоит из управляющего блока, в котором формируются управляющие сигналы, поступающие в подфункции вычисления сопротивления судна в зависимости от скорости и режима движения, а также в блоки тяговых характеристик судна. В правой части схемы проводятся операции интегрирования в соответствии с выражением (1). Выходом схемы являются: перемещение — *x*, м; скорость движения — *V*, уз; глубина внедрения в торосистое образование — x_{max}, м; сопротивление судна — *R*, кН.

Алгоритм процесса моделирования работы ледокола набегами:

1. Начало движения и разгон судна до устойчивой скорости в ровном льду.

2. Внедрение в торосистое образование.

3. Продвижение в торосистом образовании за счёт накопленной кинетической энергии и силы инерции.

4. В случае, когда сила сопротивления судна превышает силу тяги движителей, происходит торможение объекта до нулевой скорости.

5. Моделирование процесса реверса движителей с переднего хода на задний.

6. Отход ледокола назад по разрушенному участку в канале, набитом обломками тороса.

7. Дальнейший отход ледокола в канале битых льдов на дистанцию разбега.

8. Моделирование процесса реверса движителей с заднего хода на передний.

9. Разгон в битых льдах до координатной точки начала торосистого образования.

10. Дальнейшее продвижение по разрушенному участку тороса до точки остановки в торосистом образовании — x_{max}^{i}.

11. Повторение с п. 3 по п.10 до тех пор, пока судно полностью не преодолеет торосистое образование.

Результаты моделирования. На рис. 3 представлены графики изменения выходных переменных *x*(*t*), *V*(*t*), *R*(*t*) в процессе моделирования преодоления ледоколом торосистого образования длиной 175 м. Дистанция разбега, на которую отходил ледокол от координатной точки начала торосистого образования, была принята 100 м. Время реверса зависит от устройства главной энергетической установки, валопроводов, движителей, и для каждого судна это значение индивидуальное. В исследовании реверсирование движителей осуществлялось за 60 с. Исследование проводилось при наличии ровного льда толщиной 1,3 м, сплоченности битых льдов 9—10 баллов, глубине киля тороса 9,6 и 11,0 м.

Данные, приведённые на рис. 3, показывают, что ледокол преодолел данное торосистое образование с третьего раза, при этом максимальное сопротивление в момент внедрения в торос со скоростью 6,5 уз достигало 24,2 МН, время всего тактического приема составило около 1100 с.

Практический интерес вызывает определение общего количества набегов в зависимости от ширины торосистого образования. Предложенная методика позволяет получить эту важную информацию. На рис. 4 представлены графики зависимости количества набегов от ширины торосистого образования, которая в ходе проведения исследования варьировалась от 15 до 495 м.

Заключение. Приведённый метод может использоваться в первом приближении для расчёта сопротивления ледокольных судов при форсировании торосистых образований и определения необходимого количества набегов. Для верификации данного метода расчёта необходимо проведение модельных испытаний в ледовом опытовом бассейне с использованием самоходных моделей.

Работа судна набегами является одним из способов разрушения тяжелых ледяных образований, представляющих наибольшую опасность для морских инженерных сооружений. С этой целью для эффективного управления ледовой обстановкой данный метод может быть дополнен мате-

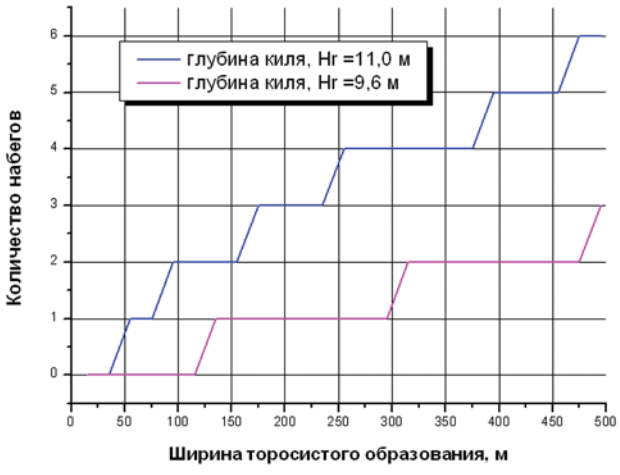


Рис. 4. **Зависимость количества набегов от ширины тороса**

матическими процедурами в части оптимизации длины разбега, продвижения судна и выбора режима мощности энергетической установки при условиях безопасного выполнения тактического приема, например, по скорости внедрения в торосистое образование.

Литература

1. Сазонов К. Е. О возможности использования ледоколов для снижения ледовой нагрузки на морские инженерные сооружения//Морской вестник. 2007. № 4.
2. Сазонов К. Е. Управление ледовой обстановкой с помощью ледоколов//Мир транспорта. 2009. Т. 27. № 3.
3. Сазонов К. Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2010.
4. Костылев А. И. Оценка эффективности применения ледоколов при защите морского инженерного сооружения от действия торосистых образований//Труды Крыловского государственного научного центра. 2015. Вып. 88(372).
5. Ионов Б. П., Грамузов Е. М. Ледовая ходкость судов. СПб.: Судостроение, 2001.
6. Каштелян В. И., Позняк И. И., Рывлин А. Я. Сопротивление льда движению судна. Л.: Судостроение, 1968.
7. Riska K. The background of the powering requirements in the Finnish — Swedish ice class rules//Maritime Research Seminar'99, VTT Symposium 199, Espoo, Finland, 2000.
8. Сазонов К. Е. Расчет максимального усилия, действующего на судно при взаимодействии с торосами//Судостроение. 2013. № 5.

О КРИТЕРИЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАУЛЕРОВ, СОВМЕЩАЮЩИХ ДОБЫВАЮЩИЕ И ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ФУНКЦИИ

А. М. Чулков, инженер-кораблестроитель, тел. 812-6812396, **А. А. Семёнов,** инженер (Морской корпус Петра Великого — СПбВМИ)

УДК 629.562.2.01

Основной принцип ускорения технического прогресса в промысловом судостроении, как и в других областях человеческой деятельности, заключается в том, что вновь созданный технический объект может быть таким же, как и предшествующий, по некоторым техническим характеристикам, но обязательно должен превосходить его по эффективности работы.

Траулеры, совмещающие добывающие и обрабатывающие функции, или так называемые траулеры-рыбозаводы или большие морозильные рыболовные траулеры (БМРТ) начали строиться в связи с расширением Минрыбхозом СССР районов промысла в Мировом океане для улучшения снабжения населения страны морепродуктами.

Первые БМРТ типа «Маяковский» (пр. 394) и его модификаций (пр. 394А; пр. 394АМ; 394РМ) строились в период 1957—1980 гг. Это было пионерским решением в истории промыслового судостроения Советского Союза в освоении новых районов рыболовства в Мировом океане.

Дальнейшее повышение эффективности этих судов шло по пути усиления их энерговооруженности, увеличения мощности промысловых механизмов, совершенствования промысловых схем, тралов, их оснастки, а также повышения потребительских качеств выпускаемой рыбной продукции.

На смену этой группе судов с 1974 г. начали строиться БМРТ типа «Пулковский меридиан» (пр. 1288). Решение о строительстве этих судов было принято в связи с дальнейшим расширением районов рыболовства в Мировом океане и необходимостью обеспечить траление на скоростях до 7 уз.

Совершенствовались и методы проектирования промысловых судов. Для решения задач теории проектирования при определении оптимальных элементов и характеристик судов стали применяться экономико-математические методы, методы исследования операций, системный анализ, имитационное моделирование. Расчёты, связанные с вычерчиванием теоретического чертежа и его элементов, схем общего расположения с детализацией размещения оборудования в помещениях и отсеках и прочие задачи, стоящие перед проектантами, стали решаться с помощью ЭВМ, что позволило повысить качество работ при снижении трудоёмкости.

Задача пополнения флота многоуровневая, и на каждом этапе её решения применяются свои критерии эффективности. Основные критерии эффективности принятия решений при оптимизации — это экономические показатели работы судна на прогнозируемый период эксплуатации. К таким показателям относятся: приведённые затраты, срок окупаемости капиталовложений, рентабельность, степень риска возврата капиталовложений.

Выбор цели и её математического эквивалента — критерия эффективности — является сутью постановки задачи обоснования решений. К таким эквивалентам можно отнести: коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту, число Фруда, отношение длины к ширине L/B, характеризующее ходкость проектируемого судна и его манёвренность, отношение ширины судна к осадке B/T — характеризует остойчивость и качку, отношение L/H — продольную прочность корпуса проектируемого судна и коэффициент общей полноты. Эти критерии представляют собой технические характеристики судна как морского инженерного сооружения — они отражают степень его технического совершенства. Анализ судов — прототипов средних рыболовных морозильных траулеров (СРТМ) дедвейтом 800—2400 т со скоростью 12,5—15 уз и проработки этих судов, выполненные под руководством докт. техн. наук проф. Б. А. Царева с участием студентов СПбГМТУ, показали необходимость постройки трех типов рыбопромысловых судов для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Это БМРТ двух модификаций — водоизмещением около 6000 и 4700 т и СРТМ водоизмещением около 2400 т (таблица).

После того как выбраны суда-претенденты и составлено техническое предложение в первом приближении, с ним знакомят заказчика, после чего составляется протокол согласования замечаний и разра-

Основные размерения и характеристики прототипов проектируемых траулеров

Судно (год постройки)	Размерения L_{max}xB_{max}x$T_{ср}$, м	Водоизмещение D, т	Мощность N, кВт	Дедвейт DW, т	Скорость V, уз	DW/D	N/D, кВт/т	L/B	$B/T_{ср}$	L/H	Длина $L_{\perp\perp}$ между перпенд.	Водоизмещение объемное $L_{\perp\perp}BT_{ср}$	Коэффициент общей полноты $\delta = D/L_{\perp\perp}BT_{ср}$	Относительная длина $\ell = L_{\perp\perp}/D^{1/3}$	Водоизмещение порожнем $D_{пор}$	Высота борта $H_{вп}/H_{гп}$
Супертраулер «Антарктида» (1985)	114,5x17,3x6,58	8070	3500	2578	14,5	0,319	0,434	5,92	2,63	9,03	102,48	11670	0,692	5,11	5488	8,29/11,35
БМРТ «Прометей» (1982)	101,8x15,2x5,72	5370	2854	2117	14,8	0,394	0,532	6,04	•	9,46	91,8	9447	0,656	5,24	3250	6,9/9,7
Супертраулер «Меридиан» (1978)	103,7x16x5,87	5720	3500	1904	14,3	0,333	0,612	6,02	2,73	9,45	96,4	9054	0,616	5,39	3816	7,4/10,2
БМРТ «Алтай» (1969)	107,5x14,4x6,25	6470	3260	2490	13	0,385	0,504	6,79	2,3	9,4	97,8	8802	0,717	5,25	3980	7,4/10,4
БМРТ «Грумант» (1964)	102,7x16x5,52	5560	2280	2570	14	0,462	0,41	5,7	2,9	8,22	91,2	8055	0,552	5,15	2990	8,6/11,1
БМРТ «Рембрандт» (1965)	103,7x16,6x5,5	5684	2208	2560	14	0,45	0,388	5,48	3,02	8,05	91	8308	0,667	5,1	3124	8,6/11,3
Предложение авторов	103,1x16,9x6,26	6000	3600	2400	15	0,4	0,6	6,1	2,7	8,29	92,8	10063	0,596	5,1	3600	8,0/11,2
БМРТ «Иван Бочков» (1978)	93,84x15,9x5,8	4950	3090	1760	15,14	0,356	0,624	5,9	2,74	8,5	85	7839	0,616	4,99	3190	7,3/10,0
БМРТ «Маяковский» (1966)	84,7x14x5,62	3800	1470	1460	13	0,384	0,387	6,05	2,49	7,5	75	5900	0,628	4,81	2340	7,4/10,0
БМРТ «Лесков» (1965)	83,12x13,8x5,43	3680	1470	1380	12,5	0,375	0,4	6,02	2,54	7,69	75	5620	0,639	4,86	2300	7,1/9,75
БМРТ «Пионер Латвии» (1969)	83,9x14x5,65	3680	1470	1144	12,3	0,311	0,399	5,99	2,48	7,5	75	5932	0,605	4,86	2530	7,4/10,0
БМРТ «Кронштадт» (1977)	83,81x14,2x5,61	3800	1470	1182	12,5	0,311	0,387	5,98	2,5	7,94	79,43	6327	0,586	5,09	2618	7,4/10,01
РМТ «Лучегорск» (1971)	83,57x14,01x5,65	3725	1470	1150	12,5	0,309	0,395	5,96	2,48	7,49	75	5937	0,612	4,84	2580	7,4/10,01
РТМ «Атлантик II» (1970)	82x13,6x5,09	3382	1708	1213	13	0,359	0,505	6,03	2,67	7,64	73	5053	0,653	4,87	2169	7,25/9,55
Предложение авторов	•	4700	•	1600	13,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
СРТМ «Оболонь» (1985)	62,25x13,82x5,3	2508	880	772	13,2	0,308	0,351	4,5	2,61	5,98	55	4029	0,607	4,05	1736	6,55/9,20
СРТ «Нестор Смирнов» (1976)	72,78x13x4,76	2598	1690	812	12,9	0,312	0,65	5,6	2,73	8,23	65	4022	0,63	4,73	1786	5,60/7,90
СРТМ «Ультимэит 2» (1986)	67,94x11x4,06	1842	2132	941	13,5	0,511	1,157	6,18	2,71	8,81	58,6	2617	0,687	4,78	•	/6,65
СРТМ «Севрыба 1» (1995)	56,4x11,9x5,44	2356	•	810	13	0,344	•	4,74	2,19	7,12	50,8	3289	0,699	3,82	1546	4,73/7,13
Предложение авторов	•	2400	•	800	12	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

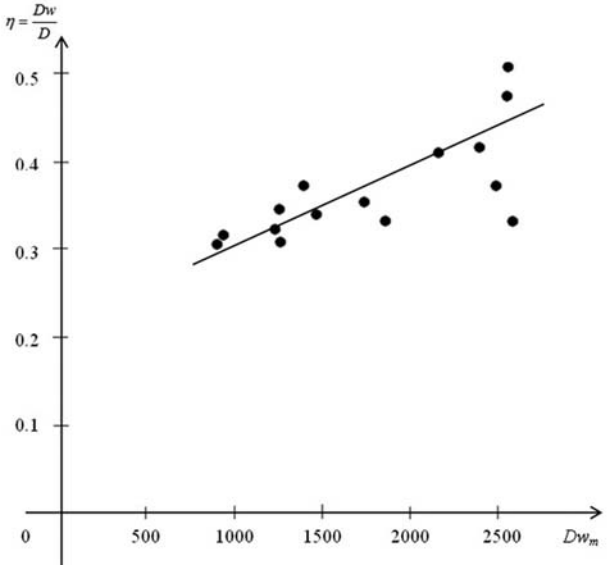


Рис. 1. **Зависимость коэффициента утилизации водоизмещения по дедвейту от дедвейта**

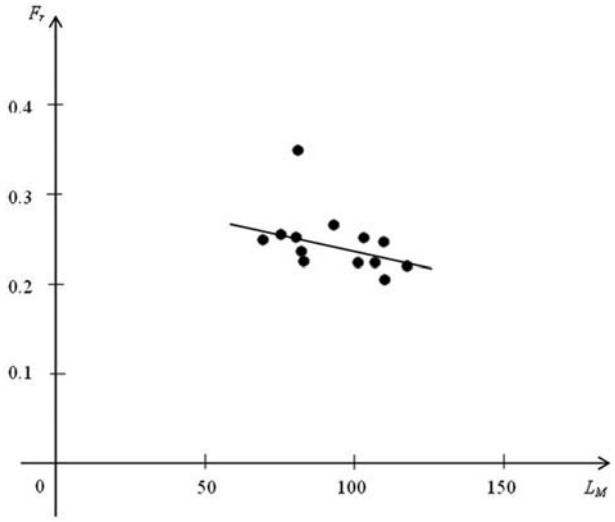


Рис. 2. **Значение числа Фруда в функции от длины судна**

батывается техническое задание на выполнение технического проекта, при этом уточняются основные элементы и характеристики проектируемого судна экономико-математическими методами.

В настоящее время разработано много методов уточнения элементов и характеристик проектируемого рыбопромыслового судна. В этой области известны работы: Н. Ф. Воеводина, Н. Б. Севастьянова, Г. В. Аракельяна, А. И. Ракова, В. М. Пашина, А. А. Шушерова, Ю. В. Ульяшкова, А. С. Токарева, О. А. Дубовского, А. Н. Холодова, В. П. Соколова, Г. Ф. Андреева, А. М. Васильева, Л. В. Случака, Ю. В. Ивойлова, В. А. Заварина, З. К. Гребенюк, Л. П. Емельяновой, Э. В. Игдаловой, А. А. Иванова, А. П. Сытова, Р. А. Еникеева, М. Н. Беляева, Ю. Т. Силантьева, Е. В. Каменского, Г. Б. Терентьева, В. И. Косульникова, Э. О. Егорова, Ю. М. Рязанова, В. А. Романова, Н. В. Иванова, В. И. Аполлинариева, В. П. Иванова и других кораблестроителей и экономистов.

Основным показателем совершенства траулера-рыбозавода, как и любого судна, является коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту (рис. 1), пути увеличения его состоят в следующем:

- в снижении массы металлического корпуса;
- в снижении массы комплектующего оборудования при обеспечении требуемых технических характеристик этого оборудования;
- в снижении массы твердого балласта при сохранении требуемых характеристик удифферентовки, остойчивости и качки;
- в снижении массы изоляции трюмов при обеспечении требуемой температуры в них.

Число Фруда характеризует относительную скорость судна (рис. 2). Отношения длины судна к ширине, ширины к осадке, длины судна к высоте борта в зависимости от длины траулеров-рыбозаводов даны на рис. 3. Значения коэффициента общей полноты в функции числа Фруда приведены на рис. 4.

При оптимизации совокупности технических критериев эффективности, приведённых выше, за экономический критерий предлагается принять промысловую производительность траулера — максимизировать его улов за сутки лова, так как этот показатель играет

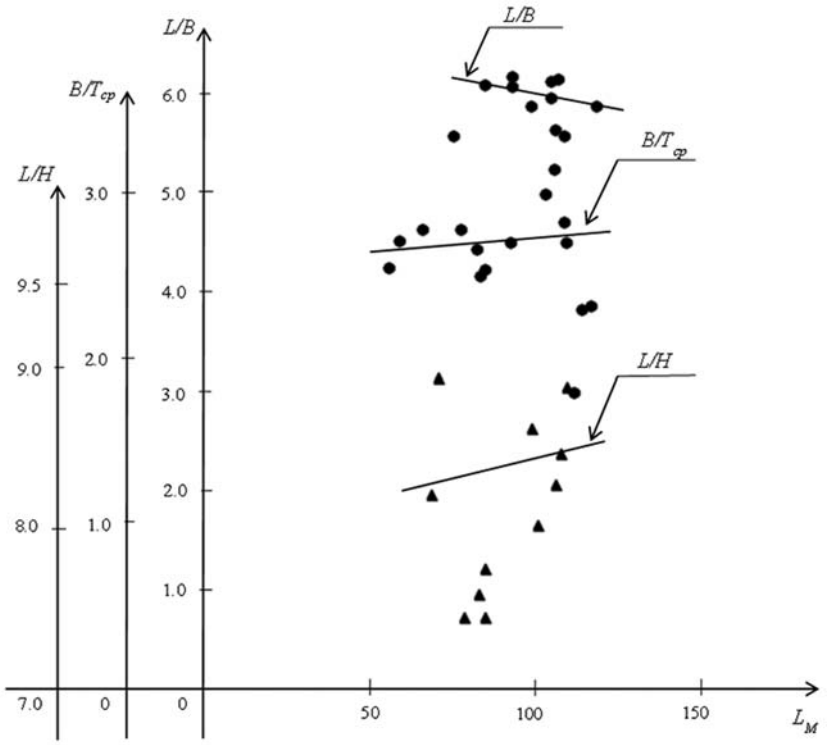


Рис. 3. **Отношения длины судна к ширине, ширины к осадке, длины судна к высоте борта в зависимости от длины траулеров**

доминирующую роль, а при начислении прибыли имеет значение и производственная мощность.

Улов траулера-рыбозавода за сутки лова можно рассчитать по формуле

$$Q = Q_0(W/W_0)\,, \qquad (1)$$

где Q — улов проектируемого траулера; Q_0 — то же траулера-прототипа; W — технический эквивалент уловистости системы траулер—трал, выражаемый в физическом объёме водного пространства, который может быть описан устьем буксируемого трала в течение суток лова и определяется из выражения

$$W = 24SVK_1K_2\,, \qquad (2)$$

где S — облавливающая площадь устья трала; V — скорость траления; K_1 — коэффициент, учитывающий время поиска рыбы и переходов из квадрата в квадрат; K_2 — коэффициент, учитывающий затраты времени на спуск и подъём трала и другие вспомогательные операции с тралом.

Значение коэффициента K_1 в формуле (2) находится из выражения

$$K_1 = (1 - t_п/24)\nu\,, \qquad (3)$$

где $t_п$ — время поиска рыбы и перехода из квадрата в квадрат; ν — коэффициент, учитывающий потери времени по метеопричинам.

Время поиска рыбы и переходов из квадрата в квадрат $t_п$ зависит в основном от характеристик рыбопоисковых приборов, скорости траулера в режиме поиска и может быть определено по формуле

$$t_п = t_{п0}(V_п/V_{п0})\,, \qquad (4)$$

где $t_{п0}$ — время поиска рыбы и переходов из квадрата в квадрат траулера-прототипа; $V_п$ — объём водной акватории, просматриваемой в единицу времени при помощи рыбопоисковой аппаратуры; $V_{п0}$ — то же для траулера-прототипа.

Значение коэффициента K_2, учитывающего затраты времени на спуск и подъём трала и другие вспомогательные операции с ним, определяется по формуле

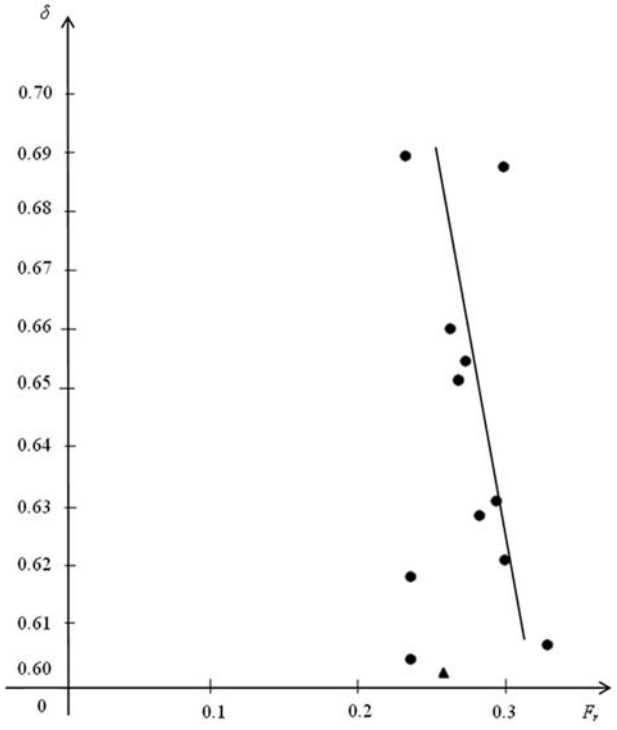


Рис. 4. **Значение коэффициентов общей полноты траулеров в функции от числа Фруда**

$$K_2 = 1 - \frac{\max(l/v_{ср};\ H/v_п)(l/v_в) + t_д}{t_т + \max(l/v_{ср};\ H/v_п)(l/v_в) + t_д}\,, \qquad (5)$$

где l — длина вытравленных ваеров; H — глубина лова; $v_{ср}$ — средняя скорость травления ваеров; $v_п$ — средняя скорость погружения трала; $v_в$ — средняя скорость выборки ваеров; $t_д$ — дополнительные затраты времени при спуске и подъёме трала; $t_т$ — продолжительность траления (время работы трала от момента окончания его спуска до момента начала подъёма на борт).

Длина вытравленных ваеров в формуле (5) зависит от глубины лова, типа трала и его оснастки, диаметра ваеров, тяговых характеристик траулера в режиме траления и может быть определена по графикам, приведённым в работах ЦКБ «Восток».

Дополнительные затраты времени в формуле (5) при спуске и подъёме трала для промысловой схемы «Дубль» включают в себя время стягивания сетного полотна за корму судна, время крепления кабельной оснастки к траловым доскам при спуске трала, время подсоединения переходных концов к вытяжным концам кабельных лебедок при подъёме трала, время выборки кабелей, сетной части трала и кутка на палубу траулера, а также время выливки улова.

Продолжительность траления в формуле (5) в основном зависит от промысловой плотности распределения рыбы в районе лова, биологических особенностей облавливаемых пород рыб, типа трала и его оснастки, скорости траления, характеристик приборов контроля параметров трала.

Среднее значение продолжительности траления принимается по прототипу.

Оптимальным считается такое решение, которое позволяет вписать новый траулер в состав рыболовной флотилии так, чтобы эффективность работы рыболовной системы повысилась.

При поиске оптимального решения понадобится определить стоимость выработанной продукции из улова:

$$П = f(1 - K)Q\,, \qquad (6)$$

где f — приведенный коэффициент выхода основных видов рыбной продукции, рассчитанный по формуле

$$f = \sum_i \sum_j x_j y_{ij} z_{ji}\,. \qquad (7)$$

Здесь x_j — коэффициент породного состава (доля рыбы j-й породы в составе улова, который определяется районом лова); y_{ij} — коэффициент выхода i-го вида рыбной продукции из j-й породы рыбы, однозначно определяемый нормативными документами (инструкциями и нормами); z_{ji} — коэффициент направления рыбы j-й породы на изготовление i-го вида рыбной продукции; K — доля непищевого прилова, направляемого сразу на утилизационную установку.

В заключение можно сказать, что приведенные в статье зависимости и табличные данные могут быть применены при проектировании траулеров в начальной стадии, а также при их аналитическом проектировании.

Литература
1. *Артюшина Т. Г.* Алгоритм согласования в процедуре многоуровневой оптимизации судов//Морской вестник. 2008. № 1.
2. *Архипов В. М., Колесников В. И.* Эффективность и стимулы технического прогресса. Л.: Лениздат, 1974.
3. *Афрамеев Э. А.* Критерии технического совершенства судов//Судостроение. 2005. № 6.
4. *Ашик В. В.* Проектирование судов. Л.: Судостроение,1985.
5. *Борисов В. И.* Общая методология конструирования машин. М.: Машиностроение, 1976.
6. *Гайкович А. И.* Основы теории проектирования сложных технических систем. СПб.: НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001.
7. *Дорин В. С., Солдатов В. Е., Пашин В. М.* Применение экономико-математических методов и ЭВМ при проектировании судов//Судостроение.1967. № 11.
8. *Захаров И. Г.* Обоснование выбора. Теория практики. СПб.: Судостроение, 2006.
9. *Каменский Е. В. Терентьев Г. Б.* Рыболовные траулеры. Л.: Судостроение, 1968.
10. *Нарусбаев А. А. Введение в теорию обоснования проектных решений. Л.:* Судостроение, 1976.
11. *Пашин В. М.* Задача пополнения рыбопромыслового флота//Судостроение. 1975. № 5.
12. *Пашин В. М.* Критерии для согласованной оптимизации подсистем судна. Л.: Судостроение, 1976.
13. *Пашин В. М.* Оптимизация судов. Л.: Судостроение, 1983.
14. *Плетнёв И. Л., Рембеза А. И., Соколов Ю. А.* Эффективность и надежность сложных систем. М.: Машиностроение, 1977.
15. *Царёв Б. А.* Пути обеспечения конкурентоспособности проектных решений//Морской вестник. 2005. № 4.
16. *Царёв Б. А.* Формирование гибких алгоритмических моделей оптимизации проектных характеристик судов//Морской вестник. 2005. № 3.
17. *Чулков А. М.* Модель внешней оптимизационной задачи при проектировании траулеров-рыбозаводов//Морской вестник. 2006. № 2.
18. *Чулков А. М.* Математическая модель определения производительности траулера-рыбозавода//Рыбное хозяйство. 2009. № 6.
19. *Чулков А. М.* Соотношение промысловой и производственной мощностей траулеров-рыбозаводов//Судостроение. 2011. № 1.
20. *Шауб П. А.* Об одном подходе к поиску оптимального решения//Морской вестник. 2012. № 1.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО КРАНОВОГО СУДНА

Р. Д. Баширов, докт. техн. наук, тел. +994124933644,
Р. А. Керимли, тел. +994502638545
(Азербайджанская Государственная Морская Академия,
e-mail: oyrad-abdullayev@yandex.ru)

УДК 629.563.5.001.26

Интенсивное развитие разработок морских месторождений углеводородного сырья и современной нефтепромысловой техники требует от судов нефтепромыслового флота повышения эффективности и качества обслуживания объектов морского нефтепромысла [1]. Одну из основных ролей при освоении морского нефтепромысла занимают крановые суда [2].

Основные характеристики кранового оборудования (верхнего строения) судов, находящихся на балансе управления «Каспморнефтефлот» и эксплуатирующихся в течение долгих лет, приведены в таблице.

В последние годы в мировом судостроении формируется тенденция создания многоцелевых судов, имеющих верхнее строение и технологическое оборудование для обслуживания объектов морского нефтепромысла [2].

На стадии разработки подобных судов часто возникает проблема совместимости работы верхнего строения и технологического оборудования, возникающая при обслуживании морских платформ [3]. Для обеспечения качественной совместной работы верхнего строения перспективного кранового судна[1] с объектами морского нефтепромысла и установленным на судне технологическим оборудованием, предлагается провести оптимизацию характеристик верхнего строения.

Для решения этой задачи приняты критерии оптимизации, от которых зависят характеристики верхнего строения. Алгоритм решения этой задачи представлен на структурной схеме. В качестве критериев оптимизации приняты: вылет стрелы верхнего строения, высота подъема грузового гака над уровнем моря, уровень погружения грузового гака под воду. При этом целевая функция верхнего строения характеризует мощность привода верхнего строения:

Характеристики кранового обслуживания

Названия судна	Грузоподъемность, т	Вылет стрелы главного подъема, м	Высота подъема, м
«Азербайджан»	2500	32	61
«Гурбан Абасов»	600	39	75
«Гюльбала Алиев»	100	22	53
«Ширван»	100	22	51,5
«Атлет»	40	15,5	25
«Уллучай»	25	15	24
СПК 47/25	25	28	36

$$U_{K.} = f(u_{В.кр.}, u_{Н.кр.}, u_{D.кр.}), \quad (1)$$

где $U_{K.}$ — целевая функция мощности привода верхнего строения; $u_{В.кр.}$ — вылет грузовой стрелы верхнего строения; $u_{Н.кр.}$ — высота подъема грузового гака над уровнем моря; $u_{D.кр.}$ — уровень погружения грузового гака под воду.

Вылет верхнего строения зависит от работ, которые планируется выполнять: транспортно-перевалочных, трубоукладочных, кабелеукладочных, водолазных, а также работ, связанных с обслуживанием необитаемого телеуправляемого подводного аппарата (ROV) и заливкой бурового и тампонажного растворов.

Формирование критерия оптимизации вылета грузовой стрелы верхнего строения выражается функцией

$$u_{В.кр.} = f(x_{т.}, x_{т.у.}, x_{к.у.}, x_{в.к.}, x_{ROV}, x_{з.}), \quad (2)$$

где $u_{В.кр.}$ — вылет грузовой стрелы верхнего строения; $x_{т.}$ — потребные характеристики транспортно-перевалочных работ; $x_{т.у.}$ — потребные характеристики трубоукладочного оборудования; $x_{к.у.}$ — потребные характеристики кабелеукладочного

[1]Имеется в виду крановое судно с краном грузоподъемностью 300 т — перспективный проект управления «Каспморнефтефлот». Предполагается проектирование и постройка данного судна. Кроме того на нем планируется установить дополнительное технологическое оборудование (*Прим. ред.*).

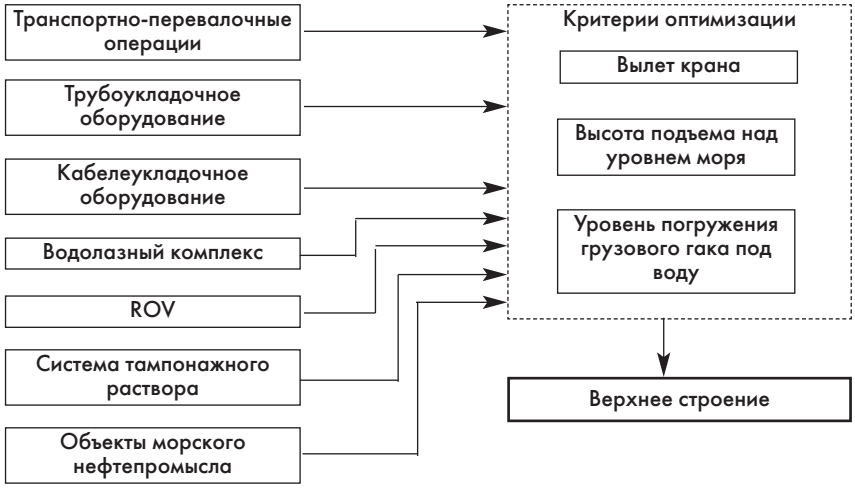
оборудования; $x_{в.к.}$ — потребные характеристики водолазного комплекса; x_{ROV} — потребные характеристики необитаемого телеуправляемого подводного аппарата (ROV); $x_{з.}$ — потребные характеристики системы заливки бурового и тампонажного раствора.

На высоту подъема грузового гака верхнего строения над уровнем моря влияют: транспортно-перевалочные работы и операции по заливке бурового и тампонажного растворов. Формирование критерия оптимизации высоты подъема грузового гака над уровнем моря выражается функцией

$$u_{В.кр.} = f(x_{т.}, x_{з.}) . \quad (3)$$

Величина погружения грузового гака под воду зависит от выполняемых трубоукладочных, кабелеукладочных и водолазных работ, а также характеристик необитаемого телеуправляемого подводного аппарата. Формирование критерия оптимизации погружения грузового гака выражается функцией

$$u_{В.кр.} = f(x_{т.у.}, x_{к.у.}, x_{в.к.}, x_{ROV}) . \quad (4)$$



Структурная схема формирование критериев оптимизации верхнего строения

Таким образом, предлагается выделить и систематизировать указанные критерии оптимизации верхнего строения предполагаемого судна на базе опыта эксплуатации верхних строений судов, находящихся на балансе управления «Каспморнефтефлот». На основе представленной структурной схемы сформирована целевая функция, предполагающая отображение мощности привода верхнего строения, формирующего с учетом функций (2—4).

Литература

1. *Симаков Г. В.* Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. Л.: Судостроение, 1997.
2. *Караев Р. Н.* Морские нефтегазопромысловые плавучие сооружения. Баку: «Бакинский университет». 2002.
3. *Баширов Р. Д., Ойрад М. А.* Системный анализ и критерии оптимизации технологического оборудования многоцелевого судна с краном грузоподъемностью 300 т//Морской вестник. 2015. № 2.

КОРВЕТ НАЗВАН ИМЕНЕМ ГЕРОЯ

Корабелы Публичного акционерного общества «Амурский судостроительный завод» в одном из сухих строительных доков стапельного цеха приступили к постройке третьего серийного многоцелевого сторожевого корабля ближней морской зоны (корвета) пр. 20380 «Герой Российской Федерации Алдар Цыденжапов» (зав. № 2103). Его официальная закладка состоялась 22 июля.

24 сентября 2010 г. в машинно-котельном отделении эсминца «Быстрый» возник пожар. Матрос срочной службы Алдар Цыденжапов, исполняя обязанности вахтенного, ценой своей жизни предотвратил крупную аварию и спас от возможной гибели сам корабль и экипаж.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ МОРСКИХ СУДОВ

(*В порядке обсуждения*)

Д. А. Шатровский, канд. техн. наук, тел. (812) 3213681
(Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова)

УДК 629.5.03-8

Некоторые типы морских судов оснащаются мощными энергетическими установками (ЭУ). К таким судам относятся большие контейнеровозы, морские ледоколы, газовозы для перевозки сжиженного и природного газа (СПГ/LNG) и нефтеналивные танкеры. Так, мощность ЭУ современных контейнеровозов достигает 90 МВт, ледоколов типа «Арктика» — 55 МВт, типа «Ермак» — 26 МВт, строящегося атомного ледокола — 70 МВт, а крупных газовозов 21—40 МВт. Главным двигателем на контейнеровозах, как правило, является малооборотный двухтактный дизель, на ледоколах типа «Арктика» и строящемся ледоколе — ядерные энергетические установки (ЯЭУ), а на большей части газовозов — паротурбинные установки или среднеоборотные дизели. Коэффициент полезного действия (КПД) всех упомянутых типов установок за последнее десятилетие изменился незначительно, и резервов повышения немного.

Это утверждение относится к наиболее мощным ледоколам настоящего времени, которые оснащены ЯЭУ. Ледоколы второго поколения типа «Арктика» мощностью 55 МВт имеют водо-водяные реакторы, что накладывает ограничения на параметры второго контура по давлению и температуре пара. Такими же реакторами оснащены однореакторные ЯЭУ ледоколов типа «Таймыр» и лихтеровоза «Севморпуть». Давление пара перед блоком паровых клапанов составляет 29,4 МПа, температура 300 °С, а давление перед соплами главного турбогенератора — всего 2,25 МПа. При таких параметрах высокого КПД ожидать не приходится. В настоящее время строится ледокол с ЯЭУ нового (третьего) поколения, однако скачка в повышении КПД не ожидается, так как на нём также будут установлены реакторы водо-водяного типа.

Результаты теплотехнических балансовых испытаний паротурбинной установки атомохода «Сибирь» показывают, что КПД ЭУ (паротурбинная установка + гребная энергетическая установка) на нагрузке 98,3% от номинальной составляет 19,8% при закрытых клапанах травления [1]. Однако значительную часть времени (≈40%) ледоколы работают на мощности менее 50%, т. е. когда давление пара перед соплами менее 1,1 МПа, что приводит к снижению КПД. Кроме того, при работе на переменных режимах открывается клапан травления. В результате КПД на какое-то время может снизиться в два раза.

Регенеративного подогрева конденсата паром, отбираемым из главного турбогенератора, на ледоколах с ЯЭУ нет. Конденсат подогревается отработавшим паром турбоприводных насосов. Как показывают расчёты, при использовании одноступенчатого регенеративного подогрева конденсата на участке от конденсатора до питательного насоса до 107 °С повышения экономичности можно достичь на номинальном режиме 4,7%. Однако при работе на сниженных нагрузках давление в отборе снижается, и недостаток греющего пара из отбора замещается свежим перегретым паром, что в лучшем случае существенно снизит приведённую выше цифру. На высоких уровнях мощности 75 и 100% характерны режимы с частыми изменениями мощности, а при работе «набегами» давление пара перед соплами иногда изменяется с частотой, превышающей 15 двойных изменений в час (рис. 1) [2]. На переменных режимах, как и на всех паротурбинных судах, система регенеративного подогрева отключается и конденсат подогревается свежим паром, что сопровождается потерей тепла. Таким образом, существенного повышения экономичности паротурбинной установки ледокола с ЯЭУ за счёт регенеративного подогрева питательной воды не произойдет.

Считается, что реальное повышение экономичности может быть получено при замене всех турбоприводных вспомогательных механизмов на электроприводные. На ледоколах второго поколения турбопривод имели питательные и циркуляционные насосы, а начиная с «России» — ещё и турбонаддувочный агрегат противообледенительного устройства. На номинальной нагрузке, когда работают три питательных и два циркуляционных насоса, общий расход пара на эти турбоприводы составляет 24,4 т/ч. Общий расход пара на всю установку достигает 370 т/ч. На номинальной мощности для подогрева питательной воды до темпера-

туры 104 °С необходима добавка в систему отработавшего пара подогрева около 9 т/ч, а при работе с двумя питательными насосами на ограничении мощности 55% добавка превышает 10 т/ч. При отсутствии регенеративных отборов переход на электропривод не даёт повышения КПД установки.

При регенеративных отборах замена турбопитательного насоса, работавшего на противодавление, электроприводным питательным насосом на полном ходу в установке танкера класса ULCC (постройка 1978 г.) номинальной мощностью 29 МВт и при четырёх регенеративных отборах приводила к уменьшению суточного расхода мазута приблизительно на 3 т.

Паротурбинные энергетические установки современных газовозов мало отличаются от установок паротурбинных танкеров постройки1970—1980 г. Параметры пара (давление 6 МПа и температура пара до 525 °С) неизменны уже многие десятилетия. Следовательно, резервов для повышения экономичности практически нет. Применение электропривода у питательных насосов и отказ от автономного турбогенератора позволили бы лишь незначительно повысить КПД установки. Однако установки отличаются высокой надёжностью и простотой эксплуатации, поэтому их продолжают использовать, а срок их службы при работе на природном газе достигает 45 лет.

Такая же картина в части повышения КПД характерна и для судовых дизельных энергетических установок, применяемых на судах различного назначения.

Совершенно иная ситуация в стационарной энергетике. В связи с расширяющимся применением природного газа в качестве топлива появилась возможность использовать установки, работающие по парогазовому циклу, КПД которых превышает 50%. В настоящее время почти 2/3 вводимых во всем мире электростанций работают по парогазовому циклу. В последнее десятилетие в

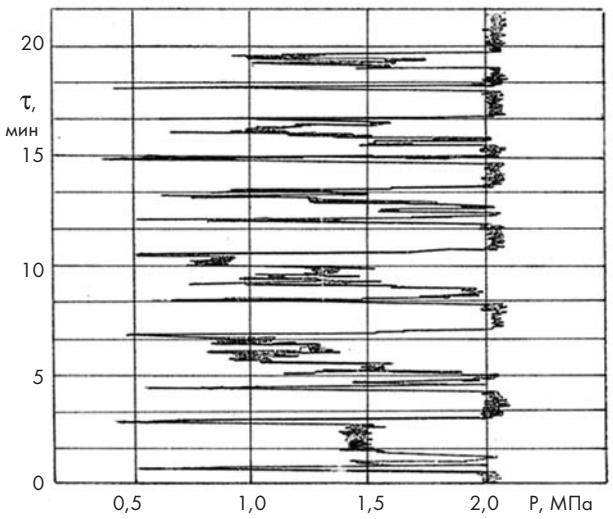


Рис. 1. **Изменение давления пара *P* перед соплами при работе ледокола набегами**

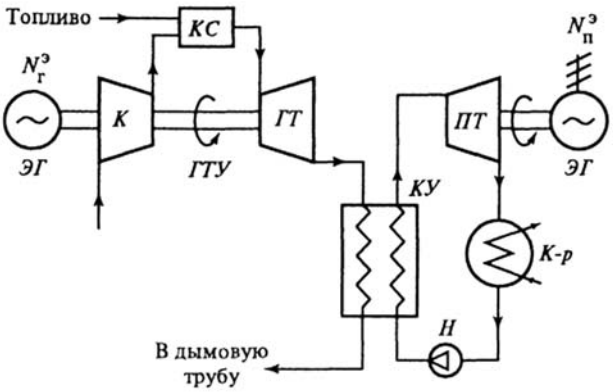


Рис. 2. **Принципиальная схема парогазовой установки:**
ГТ — газовая турбина; *ГТУ* — газотурбинная установка; *КС* — камера сгорания; *КУ* — котёл-утилизатор; *К-р* — конденсатор; *Н* — насос; *ПТ* — паровая турбина; *ЭГ* — электрогенератор

стационарной энергетике РФ также было введено несколько десятков электростанций с парогазовыми установками (ПГУ). Повышение КПД стало возможным благодаря освоению компаниями «Сименс», «Мицубиси» и «Дженерал Электрик» производства газовых турбин, работающих с температурой газа перед турбиной около 1200 °С, а в настоящее время и 1500 °С, при том, что ресурс превышает 100 тыс. ч [3]. Все эти электростанции работают на природном газе, а в качестве резервного используется дизельное топливо. Температура газа перед турбиной в 1200 °С была достигнута в 1995 г.

Подобных результатов достигли НПП «Машпроект» и ПО «Зоря» (Украина, г. Николаев). Уже в 2000 г. ими предлагались газотурбинные установки мощностью от 2,5 до 320 МВт [4]. Среди разработанных установок есть газотурбинный двигатель мощностью 25 МВт со степенью сжатия более 21 и температурой газов перед турбиной 1245 °С. КПД такого агрегата 36,5%, масса всего 16 т! Предлагались и парогазотурбинные установки мощностью от 13 до 325 МВт с КПД от 45 до 48,5% (у установки мощностью 325 МВт — даже 52%!).

Принципиальные схемы парогазовых установок широко известны и хорошо изучены (рис. 2) [5]. Из всего их многообразия в последнее время, т. е. с 2008 г., в России реализованы только установки с паровым утилизационным контуром.

При температуре продуктов сгорания перед газовой турбиной около 1200 °С температура после неё не более 600 °С, что позволяет получить в котле-утилизаторе пар с давлением 6 МПа и температурой выше 500 °С.

Отечественное судостроение имеет опыт строительства судов с парогазовыми установками. В 1979 г. было построено судно класса го—го «Капитан Смирнов» с такой энергетической установкой. Газовые турбины для этого судна были спроектированы НПП «Машпроект». В течение следующих лет было построено три однотипных судна. Установка — двухвальная общей мощностью 36,8 МВт, состоящая из двух агрегатов, каждый из которых включает в себя газотурбинный двигатель и утилизационный паротурбинный контур. Принципиальная схема такая же, как на рис. 2, но с редукторной передачей на винт. Температура продуктов сгорания за газовой турбиной 390 °С, поэтому параметры пара в паротурбинном контуре низкие: давление около 1,5 МПа и температура 310 °С. Из-за низких параметров продуктов сгорания и пара удельный расход жидкого топлива на максимальный нагрузке без отбора пара на турбогенератор составляет 238 г/(кВт·ч), т. е. КПД равен 36%.

В настоящее время на морском транспортном флоте природный газ

в качестве топлива широко используется на газовозах, перевозящих газ в сжиженном виде при температуре минус 163 °С[1]. На них устанавливаются наиболее широко известные типы энергетических установок: паротурбинные и дизельные (со средне- и малооборотными двигателями). Вопрос об увеличении экономичности ЭУ газовозов, по-видимому, будет обостряться по мере совершенствования теплоизоляции грузовых танков. Конструкция грузовых танков и применяемые для их теплоизоляции современные материалы пока не позволяют уменьшить количество испаряющегося газа ниже 0,15% в сутки от номинального объёма груза. Поэтому испаряющегося газа вполне достаточно для обеспечения полного хода, даже если на судне установлена паротурбинная установка. На режиме стоянки или при сниженной скорости хода образуется избыток газа, который, как правило, просто сжигается. Повторное сжижение всего испаряющегося газа на газовозах с малооборотными двигателями, работающими на тяжёлом топливе, на практике себя не оправдало.

Применение на подобных судах современных газотурбинных установок представляется оправданным. Даже без парового утилизационного контура, существенно усложняющего и утяжеляющего установку, КПД газотурбинного двигателя, как уже отмечалось, при температуре 1245 °С достигает 36,5%, т. е. не ниже, чем у паротурбинных установок. Огромное преимущество в массогабаритных показателях в сочетании с простотой эксплуатации, безусловно, делает газотурбинную установку серьёзным конкурентом и дизельным установкам. К сказанному можно добавить преимущества в уменьшении затрат на ремонты. Дело в том, что у современных газотурбинных установок при температуре перед турбиной около 1200 °С замена лопаток первых ступеней турбины проводится через три года, причём отработавшие лопатки направляются на восстановление керамического покрытия и могут быть использованы вновь. Замена турбоагрегата в целом также является не слишком трудоёмким процессом, доступным любому судоремонтному предприятию, а возможно, даже судовому экипажу.

Установки с парогазовым циклом, имеющие КПД выше 50%, превосходят дизельные также по массогабаритным параметрам и экологическим показателям. Уровень выброса окислов азота у этих установок также ниже.

Перевод на природный газ других типов судов пока затронул только суда прибрежного плавания. По мере расширения географии строительства заводов по его сжижению и заправки судов появляется возможность широкого использования природного газа в качестве топлива и на других типах морских судов.

Учитывая растущую добычу природного газа в районе Северного морского пути и планируемое строительство завода по сжижению природного газа по проекту «Ямал-СПГ», вполне обоснованным представляется строительство ледоколов с парогазовыми установками. Эксплуатационные затраты такого ледокола несравнимо меньше, чем у ледоколов с ЯЭУ: КПД на номинальной нагрузке выше в 2,5 раза, топливо значительно дешевле, численность экипажа меньше, существенно ниже расходы на ремонты. Экономичность на долевых нагрузках и при маневрировании отличается в лучшую сторону ещё больше. Общеизвестно, что экономичность газотурбинных установок повышается при снижении температуры окружающего воздуха. Следовательно, использование ПГУ в Арктике даст ещё больший эффект, чем на тепловых станциях в южных частях страны. Маневренные характеристики ПГУ также существенно лучше, чем у ЯЭУ.

Кроме того, не требуется специальных баз и вспомогательного флота на обслуживание и хранение ядерных отходов. Строительная стоимость ледокола с ПГУ не будет больше строительной стоимости газовоза, т. е. не более 200 млн дол., тогда как объявленная в прессе стоимость нового атомного ледокола — более миллиарда, т. е. в пять раз больше.

Хранение сжиженного природного газа (СПГ) на борту ледокола с учётом опыта проектирования и эксплуатации газовозов не является неразрешимой или даже очень сложной задачей. На ледоколе водоизмещением более 20 тыс. т размещение ёмкостей для СПГ объёмом 6—8 тыс. м^3 не должно быть проблемой с учётом небольших массы и габаритов ПГУ. Такой объём занимают центральный отсек и кормовое машинное отделение на ледоколах типа «Арктика».

Наиболее сложные проблемы, которые необходимо решать, связаны с бункеровкой. В настоящее время в России есть лишь один завод по сжижению газа на Южном Сахалине, который полностью загружен. Намеченное строительство второй очереди позволило бы небольшую часть продукции направить на бункеровку ледоколов. Для транспортировки СПГ к работающему в Арктике ледоколу можно использовать специальный газовоз в качестве бункеровщика. Строительство газовозов ледового класса предусмотрено планами освоения северных газовых месторождений. Такое судно могло бы эксплуатироваться как обычный газовоз, а после ввода в строй судов, использующих СПГ в качестве топлива, работать и в качестве бункеровщика. Учитывая скорость реализации проектов, можно предположить, что проект «Ямал-СПГ» будет реализован раньше, чем построен ледокол с ПГУ, следовательно, при наличии завода по сжижению природного газа в западной части Северного морского пути вопрос с бункеровкой перестанет быть сдерживающим использование природного газа на ледоколах.

Роль природного газа в топливном балансе страны в настоящее время весьма высока и в обозримом будущем будет расти, охватывая всё больше отраслей, включая энергетику морского транспорта. В связи с этим проектирование ледокола с ПГУ целесообразно начать как можно быстрее.

Литература

1. *Шатровский Д. А.* Паротурбинные установки атомных судов. М.: Мортехинформреклама, 1990.
2. *Шатровский Д. А.* Экономичность тепловых циклов паротурбинных установок ледоколов//Повышение топливоиспользования в удовых энергетических установках. М.: Мортехинформреклама, 1989.
3. *Ольховский Г. Г.* Перспективные газотурбинные и парогазовые установки для энергетики (обзор)//Теплоэнергетика. 2013. № 2.
4. Украинские газовые турбины промышленного применения. Украина, Николаев, 2000.
5. *Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н.* Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М., 2009.

[1] В последнее время все больше строится транспортных и других судов, двигатели которых способны работать как на традиционном топливе, так и на газе. — *Прим.ред.*

О ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЯХ В ТРАНСФОРМАТОРЕ С РАЗДЕЛЯЕМЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

А. О. Гринёва, М. В. Тепляков, канд. техн. наук,
М. Д. Хазиева (ООО «НПЦ «СЭС», e-mail: ses@npcses.ru)

УДК 621.314.21

Актуальность беспроводной передачи электроэнергии подтверждается большим количеством публикаций и оформленных патентов. Специалисты ООО «НПЦ «СЭС» в течение 2013—2015 гг. также исследовали данную проблему с целью получения практического устройства. Требовалось создать комплекс, обеспечивающий передачу электроэнергии от корабельной электростанции (3х380 В, 50 Гц) для подзарядки батареи из литий-ионных аккумуляторов напряжением около 65 В. Главная задача, которую при этом необходимо было решить, это создание трансформатора с раздельными магнитопроводами, первичной и вторичной обмотками, которые могут обеспечивать передачу электроэнергии при сближении электромагнитных систем по линии разъёма (рис. 1).

Исследовали трансформатор, состоящий из двух U-образных сердечников, на каждом из которых находились индивидуальные обмотки (первичная и вторичная). Сердечники с обмотками сближали друг с другом по плоскости торцов, соответствующих поперечному сечению магнитопроводов, включали схему и замеряли электрические характеристики. Для эксперимента был использован трансформатор со следующими параметрами: расчётная мощность P около 15 кВ·А; f = 20 кГц; U_1 = 520 В; U_2 = 70 В, зазор 1 мм. При этом следует учесть, что величина зазора 1 мм принималась в качестве расчётной, а в эксперименте и в эксплуатации она могла отличаться от расчётной в несколько раз.

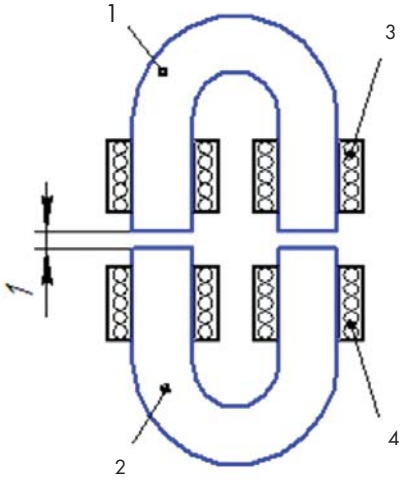


Рис. 1. **Трансформатор с разъёмным магнитопроводом:** *1* и *2* — сердечники первичной и вторичной обмоток; *3* и *4* — первичная и вторичная обмотки трансформатора

В процессе работы любой трансформатор теряет часть преобразуемой энергии. Эти потери идут на нагревание магнитопровода, первичной и вторичной обмоток и разделяются на электрические и магнитные.

Электрические потери в обмотках, вызванные нагрузочными токами в них, рассчитываются по формуле

$$P_э = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 , \quad (1)$$

где $P_э$ — суммарная мощность электрических потерь; I_1 и R_1 — сила тока и активное сопротивление первичной обмотки; I_2 и R_2 — сила тока и активное сопротивление вторичной обмотки соответственно.

Магнитные потери возникают вследствие перемагничивания магнитопровода переменным магнитным полем. Частота перемагничивания определяется частотой протекающего по обмоткам тока. Магнитные потери обусловлены:

— потерями на гистерезис, пропорциональными площади петли гистерезиса и связанными с затратой энергии на преодоление остаточного магнетизма;

— вихревыми токами, возникающими в материале магнитопровода-сердечника под действием переменного магнитного поля. Эти токи поглощают электрическую энергию, превращая ее в тепло и нагревая магнитопровод, в котором они возникают;

— последействием, иначе говоря, магнитной вязкостью.

В низкочастотных трансформаторах потери на последействие относительно малы по сравнению с остальными, поэтому магнитные потери складываются из первых двух составляющих, которые называют потерями в стали и обозначают $P_{ст}$. Они определяются выражением [1]:

$$P_{ст} = pG_{ст} , \quad (2)$$

где p — коэффициент удельных потерь, зависящий от материала сердечника, его конструк-

тивных особенностей, частоты и максимальной магнитной индукции, Вт/кг; $G_{ст}$ — масса магнитопровода, кг.

В эксперименте теплоотвод от нагретых частей трансформатора осуществлялся естественной конвекцией воздуха в лабораторном помещении и излучением. Непосредственно в процессе работы трансформатора на нагрузку через равные промежутки времени пирометром измеряли температуру (таблица). Общая картина теплового поля на элементах трансформатора, полученная с помощью тепловизора типа Fluke на последних минутах эксперимента, представлена на рис. 2.

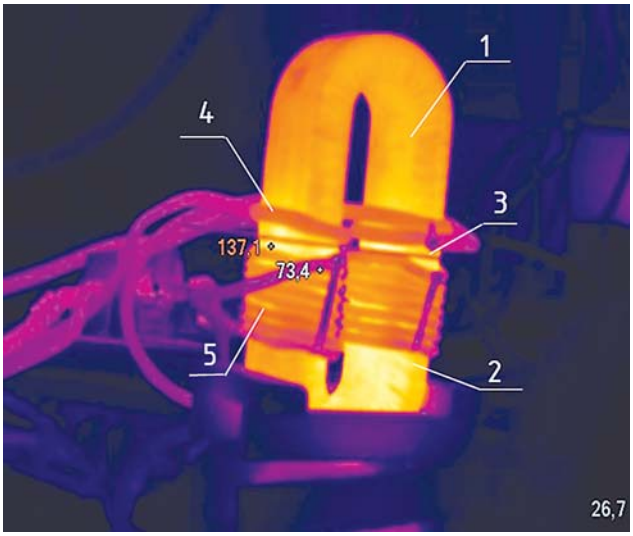


Рис. 2. **Тепловизионное изображение работы трансформатора:** *1* и *2* — сердечники первичной и вторичной обмоток соответственно; *3* — зазор между половинками трансформатора; *4* и *5* — первичная и вторичная обмотки соответственно

В начале эксперимента рост траектории графика (рис. 3) происходит достаточно резко за счёт теплоёмкости составных частей трансформатора, так как теплоотдача отсутствует. Далее температура повышается до определённого значения, при котором большая часть выделяемого тепла отдаётся в окружающую среду. Из графиков очевидно, что сердечники первичной и вторичной обмоток трансформатора разогреваются приблизительно одинаково, как и их обмотки. На 90-й минуте эксперимента температуры обмоток и сердечника не стабилизировались, для них продолжился так называемый период неустановившегося теплового состояния. Достигнутая к этому моменту температура приблизилась к критической для магнитопровода, поэтому эксперимент был прекращён, а для определения конечной температуры можно воспользоваться графической экстраполяцией. График роста показывает, что температура стремится к установившимся значениям, однако может выйти за предельные величины, допустимые для материала сердечника, поэтому следует выполнить технические мероприятия по ограничению тепловыделения в сердечнике либо увеличить интенсивность охлаждения электромагнитной системы.

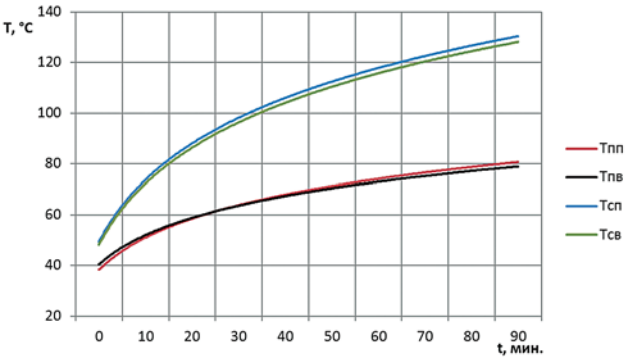


Рис. 3. **Изменение температур различных частей трансформатора:** $T_{пп}$, $T_{пв}$ — соответственно температура провода первичной и вторичной обмотки трансформатора; $T_{сп}$, $T_{св}$ — соответственно температура сердечников первичной и вторичной обмоток трансформатора

Данные замеров температуры элементов трансформатора под нагрузкой

Время замера, мин	Температура, °С			
	Провод обмотки трансформатора		Сердечник обмотки трансформатора	
	первичной	вторичной	первичной	вторичной
0	34	38,9	42,9	39,4
10	54	49	77,5	80
20	64	63	94,9	91,1
30	64	66	100	102
40	68	69	106	105
50	69	70	112	107
60	72	73	117	112
70	78	77	122	120
80	78	75	125	122
90	80	76	128	128

Согласно [2], уравнение экспоненциальной кривой (при отсутствии начального перегрева):

$$\tau_t = \tau_{уст}(1 - e^{-t/T}), \quad (3)$$

где τ_t — перегрев в момент времени t; $\tau_{уст}$ — установившееся значение перегрева для заданной нагрузки; T — постоянная времени.

В общем виде при наличии некоторого начального перегрева $\tau_н$ выражение для кривой нагрева имеет вид

$$\tau_t = \tau_{уст}(1 - e^{-t/T}) + \tau_н e^{-t/T}. \quad (4)$$

Постоянная времени обмотки

$$T_0 = \frac{c_м}{P_k} = \frac{c_м G_м \tau_0}{P_k} K_{из}, \quad (5)$$

где $c_м$ = 6,6 (Вт·мин)/(кг·°С) — удельная теплоёмкость меди; $G_м$ — масса меди, кг; $K_{из}$ — 1,2...1,25 — коэффициент, учитывающий теплоёмкость витковой изоляции.

Для общего случая для постоянной времени маслонаполненного трансформатора справедливо выражение

$$T = \frac{\sum cG\tau}{\sum P} = \frac{0,12(G_м + G_с + {}^2/_3 G_б) + 0,5G_{мас}}{P_k + P_k}, \quad (6)$$

где $G_м$, $G_с$, $G_б$, $G_{мас}$ — соответственно масса меди, стали, бака и масла, кг.

Очевидно, что в последнем математическом выражении для нашего случая массой бака и массой масла следует пренебречь.

Заключение. Трансформатор с разделяемым сердечником зарекомендовал себя как устройство, в данном случае практически не уступающее по свойствам классическому трансформатору. Проблема обеспечения оптимальных тепловых режимов конструктивных элементов трансформатора может быть решена за счёт их принудительного охлаждения. Существует возможность использования для этих целей обдува вентилятором, что широко применяется во многих устройствах подобного типа (сварочные трансформаторы, выпрямители).

Литература

1. *Китаев В. Е.* Трансформаторы. Учеб. пособие для проф.-техн. учеб. заведений и подгот. рабочих на производстве. Изд. 3-е, испр. М.: Высшая школа, 1974.
2. *Дымков А. М.* Расчёт и конструирование трансформаторов. Учебник для техникумов. М.: Высшая школа, 1971.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДКАЧКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ НА ИХ ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Н. В. Волкова, канд. техн. наук, **В. И. Голованов,** докт. техн. наук (ФГУП «Крыловский ГНЦ»), **С. Ю. Никишов,** канд. техн. наук (АО «СПМБМ «Малахит»), **Е. А. Куличкова** (АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» КБ «Армас»)

УДК 621-752:629.5

Для виброизоляции судового оборудования массово применяются амортизаторы различных типов и конструкций: резинометаллические, металлические, пневматические. Особенностью пневматических, например АПС (амортизаторы пневматические со страховкой) [1], является возможность изменения их характеристик при изменении давления воздуха.

В качестве упругих элементов в АПС (рис. 1) используются сварные резинометаллические вкладыши [2] и воздушная полость со сжатым воздухом, заключённая в объёме, ограниченном гнездом корпуса и нижней поверхностью вкладыша.

Рис. 1. **Амортизаторы резинопневматические со страховкой АПС**

Характеристики пневматических амортизаторов в значительной степени определяются параметрами воздуха в воздушной полости. В реальных условиях для упрощения процесса подкачки воздушные полости нескольких амортизаторов соединяются между собой. При этом их характеристики могут изменяться.

В таблице приведены статические нагрузки и давления сжатого воздуха в корпусе отдельного амортизатора АПС.

Жесткость данного амортизатора определяется двумя основными составляющими: жесткостью резинометаллического вкладыша и жесткостью сжатого воздуха, находящегося в воздушной полости амортизатора. Причем последняя составляющая жёсткости явно превалирует.

Согласно [3] эксплуатация АПС возможна в двух основных вариантах:

амортизаторы заполнены сжатым воздухом индивидуально через золотниковое устройство, закрытое при эксплуатации колпачком;

несколько амортизаторов объединены общей трубопроводной системой с внутренним диаметром 3—6 мм, заполняются сжатым воздухом одновременно все амортизаторы (рис. 2).

Особенность второго варианта заключается в том, что при статических (крен, дифферент) и квазистатических (качка) наклонениях судна в АПС, расположенных под механизмом в горизонтальной плоскости

Статические нагрузки и давления сжатого воздуха в корпусе амортизатора АПС

Типоразмер амортизаторов	Статические нагрузки в направлении оси амортизатора Z, кН	Давление сжатого воздуха в корпусе амортизатора, кгс/см^2	
	P_z	начальное для разгруженного амортизатора	конечное для нагруженного амортизатора
АПС-3	3,0	2,0±0,1	2,9±0,2
	2,2	0,75±0,1	1,3±0,3
	1,5	0	0,4±0,3
АПС-7	7,0	3,0±0,1	4,5±0,5
	5,0	1,4±0,1	2,5±0,5
	3,5	0	$0,5^{+0,3}_{-0,1}$

амортизированного механизма, происходит перетекание воздуха из амортизаторов, стоящих с одной стороны механизма, в амортизаторы, расположенные на противоположной стороне. При этом характеристики объёма воздуха в каждом амортизаторе изменяются.

Это, в свою очередь, приводит к изменению составляющей жёсткости амортизаторов, обусловленной упругостью воздушного объёма, что меняет перемещения амортизированного механизма при статических и квазистатических наклонениях.

Для механизмов с объединённой системой подкачки амортизаторов необходим учёт этого фактора при проектировании амортизирующего крепления. И прежде всего, необходима информация о жёсткостных характеристиках амортизаторов при наклонениях. Нормативная документация на АПС [1, 3] содержит сведения о механических характеристиках (жёсткостях) только применительно к случаю индивидуальной подкачки амортизаторов без объединяющей их воздушной системы.

Для оценки описанного явления на испытательных стендах ФГУП «Крыловский ГНЦ» экспериментально определены дифференциальные статические жёсткости отдельных амортизаторов и системы амортизаторов при сжатии в направлении оси Z на макете механизма при двух способах заполнения амортизаторов воздухом.

Испытаниям подвергались образцы АПС двух типоразмеров, АПС-3 и АПС-7 (рис. 3), рассчитанные на статические нагрузки в направлении главных осей амортизатора в соответствии с таблицей. В

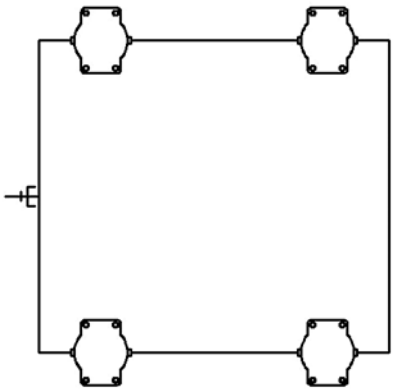


Рис. 2. **Схема амортизаторов, объединённых общей трубопроводной системой**

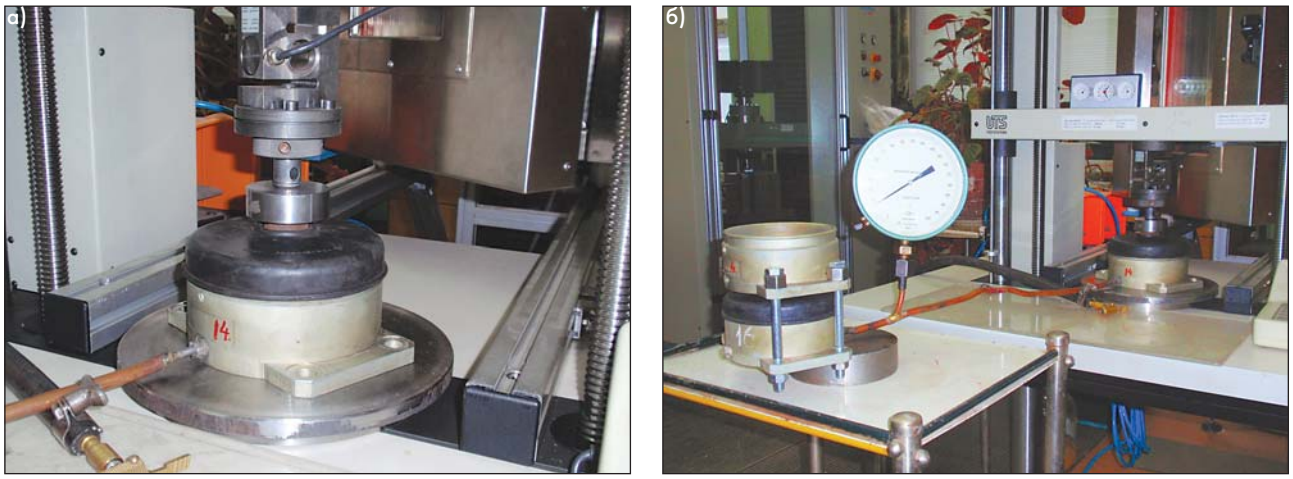


Рис. 3. **Вид амортизаторов, установленных на типовой испытательной машине: *а* — отдельного АПС; *б* — системы из двух подключенных друг к другу АПС**

соответствии с аттестованной методикой [4] определены дифференциальные статические жёсткости отдельных амортизаторов и системы амортизаторов при сжатии в направлении оси Z.

Перед контрольными испытаниями была проведена «тренировка» образцов амортизаторов трёхкратным их обжатием до номинальной нагрузки с минутным отдыхом перед каждым следующим обжатием.

В процессе испытаний для каждого амортизатора без подкачки воздуха в полость корпуса и с его подкачкой на давление 0,5*P* и *P* определены дифференциальные статические жёсткости в направлении оси Z и построены статические нагрузочные характеристики (зависимости перемещения от статической нагрузки) при сжатии в направлении оси Z при нагрузках от нулевой до номинальной.

Дифференциальная статическая жёсткость системы из двух подключённых друг к другу амортизаторов АПС при сжатии в направлении оси Z определялась на той же установке (рис. 3, *б*).

Построены нагрузочные характеристики и определены статические жёсткости системы из двух подключённых друг к другу амортизаторов АПС (без подачи воздуха в систему), один из которых был поджат по оси Z на величину деформации, определённой ранее под номинальной нагрузкой без подачи воздуха в амортизатор, а другой нагружался силой от испытательной машины. Затем амортизаторы менялись местами и испытания повторялись.

До начала испытаний амортизаторов с подачей сжатого воздуха в корпус давление устанавливалось в пределах штатного для ненагруженных амортизаторов в соответствии с таблицей. Давление сжатого воздуха контролировалось при помощи образцового манометра.

Выборочно рассчитаны и построены характеристики податливости амортизаторов на некоторых режимах испытаний (рис. 4, 5).

Как видно на рис. 4, при соединении воздушных полостей амортизаторов АПС-3 нагрузочные характеристики практически не изменяются. Из рис. 5 следует, что при соединении воздушных полостей амортизаторов АПС-7 происходит изменение нагрузочных характеристик и, как следствие, уменьшение дифференциальных статических жёсткостей на 10—20%.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований характеристик амортизаторов АПС-3 и АПС-7 в условиях статического нагружения при соединении их воздушных полостей получены статические нагрузочные характеристики и определены дифференциальные статические жёсткости амортизаторов АПС при сжатии в направлении оси Z на типовой испытательной машине. Полученные результаты показывают необходимость выполнения аналогичных исследований на других амортиза-

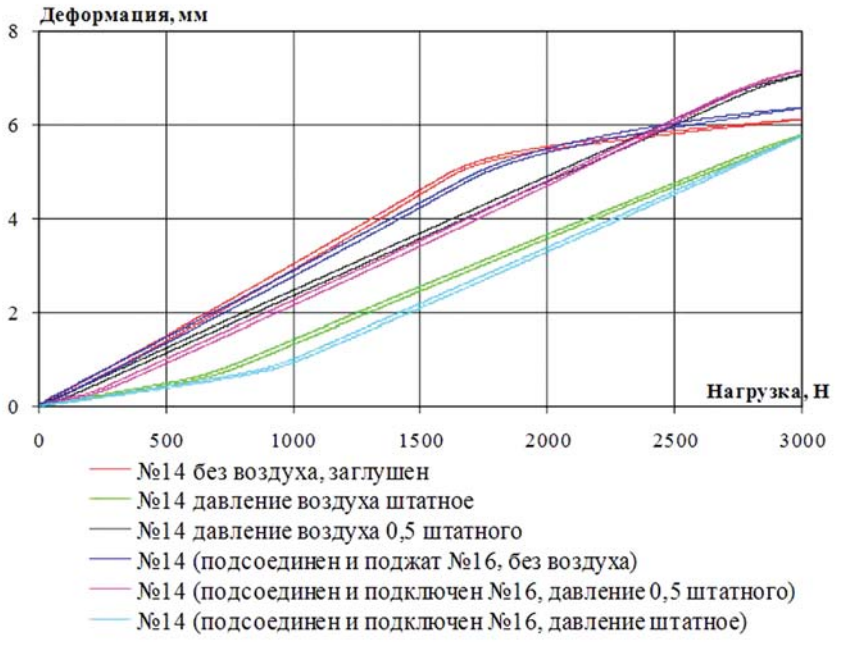


Рис. 4. **Нагрузочные характеристики АПС-3 №14 при сжатии в направлении оси Z**

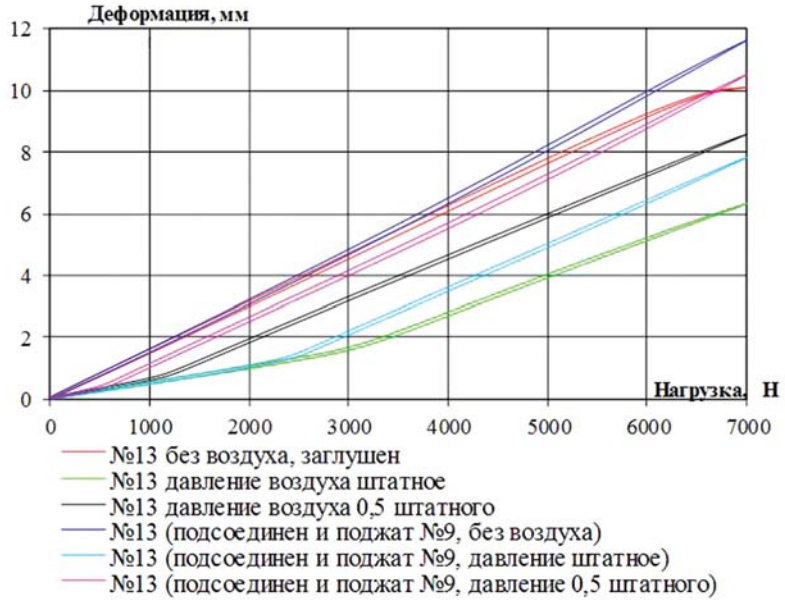


Рис. 5. **Нагрузочные характеристики АПС-7 №13 при сжатии в направлении оси Z**

торах типоряда, а для более детального исследования указанных особенностей необходимо исследовать систему, состоящую из большего числа изделий.

В дальнейшем целесообразно учитывать описанный фактор в расчётах амортизирующих креплений.

Литература

1. Амортизаторы резинопневматические со страховкой типа АПС. Технические условия. ДЕИА.304252.009 ТУ.
2. Вкладыши резинометаллические для амортизаторов АПС. Технические условия. ТУ 38 1051951-90.
3. Инструкция по применению резинопневматических амортизаторов типа АПС на кораблях. ГНЦ РФ ФГУП «ЦНИИ имени академика А. Н. Крылова». 1958. Вып. 9408.
4. Амортизирующие конструкции. Испытания по определению статической жесткости и прочности на типовой испытательной машине. Методика. ИМЯН 62-317-04 МИ. ГНЦ РФ ФГУП «ЦНИИ имени академика А. Н. Крылова». 2004. Вып. 42915 (Аттестат № 317/6-04).

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

В. В. Медведев, докт. техн. наук, **М. В. Лакиза**
(Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, e-mail:dvs@smtu.ru)

УДК 536.24

Теплообменные аппараты судовых энергетических установок являются крупным металлоёмким оборудованием, надёжность которого определяет надёжность работы и судового двигателя [1]. Для решения такой актуальной проблемы, как снижение металлоёмкости и увеличение эффективности этих аппаратов, могут использоваться различные способы, например интенсификаторы, турбулизирующие поток в трубном пространстве. Выбор интенсификатора обусловлен режимом течения потока. Так, для развитого турбулентного течения могут быть использованы интенсификаторы типа «пружина», а для умеренного турбулентного режима — «витая лента».

Широкое применение витой ленты в качестве завихрителя потока обусловлено простотой её изготовления и универсальностью применения. Анализ публикаций различных авторов позволил сделать вывод о том, что витые ленты являются достаточно эффективным способом интенсификации теплообмена при умеренных затратах на прокачку теплоносителя, при этом наибольшей теплогидравлической эффективностью обладают витые ленты с изменением их геометрической формы по периметру для создания дополнительной турбулентности в пристенном слое. Эти модификации позволяют увеличить эффективность до 80% по сравнению с обычными лентами. Существует достаточно много вариантов выполнения таких лент. Характеристики эффективности наиболее интересных конструкций модифицированных завихрителей внутритрубного потока, предложенных в последние годы (как отечественных, так и и зарубежных), представлены в табл. 1.

Следует отметить, что из-за обилия предлагаемых технических решений встает вопрос о выборе варианта исполнения для конкретных типов

Таблица 1

Характеристики эффективности скрученных лент

Модификация скрученной ленты	Среда	$Re \cdot 10^{-3}$	Шаг s/d	Nu/Nu_0	ξ/ξ_0
Уменьшение ширины [2]	Воздух	6—13,5	3, 4, 5	1,11	1,125
С ребрами из проволоки [3]	Воздух, вода	0,1—90	2,5—6	1,4	1,65
С винглетами [4]	Вода	3—27	3, 4, 5	1,1—2,55; 1,02—1,64	2,5—7,02; 1,08—1,95
Двойная [5]	Вода	3,7—21	3—4	До 2	До 3
С изменением угла скрутки [6]	Вода	3—12	3—5	До 2,85	До 9
С небольшими надрезами по периферии [7]	Вода	1—20	3	2,6—12,8	3—31
С U-образными вырезами [8]	Вода	2—12	2; 4,4; 6	2,1	4,45
С глубокими надрезами по периферии [9]	Воздух	1—40	1—2,5	6,3—9,5	25—35

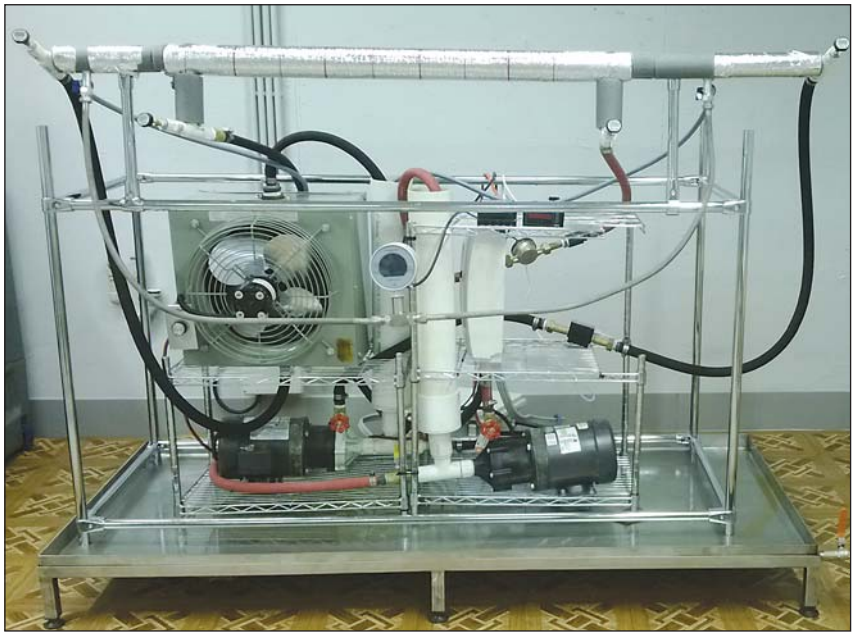


Рис.1. **Общий вид экспериментальной установки, созданной «Н-Пром Бюро», Санкт-Петербург**

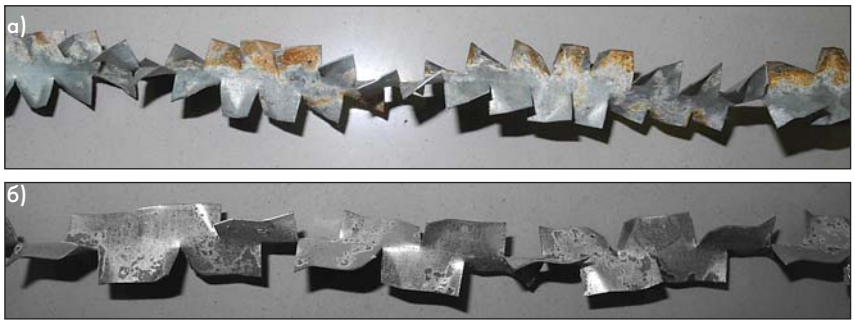


Рис. 2. **Интенсификатор типа «профилированная лента» с шагом поперечных надрезов 1 см (*а*) и 2 см (*б*) соответственно**

теплообменников. Применительно к судовым водо- и маслоохладителям представляют интерес исследования, в которых в качестве рабочей среды выступали бы вода и масло в режимных условиях, близких к судовым, при разных вариантах выполнения завихрителей. Поскольку выявить такие исследования не удалось, были выполнены специальные сравнительные испытания на экспериментальной установке компании «Н-Пром Бюро» (рис. 1), при поддержке компаний HTRI (США) и «Нева-Теплотехника». Описание схемы установки и методики проведения экспериментов приведено в [10].

Результаты испытаний различных конструкций завихрителей, включающих в себя различные варианты выполнения лент (сплошные витые, модифицированные, с насечками, рваными насечками, винглетами и т. п.), показывают, что существует возможность влиять как на интенсивность теплообмена, так и на гидравлическое сопротивление. Это влияние разнонаправленное, что ожидаемо, однако возможен компромисс, который обычно оценивается с помощью известных критериев оценки эффективности интенсификации. Наилучшие значения критериев были получены на конструкциях профилированной скрученной ленты, показанных на рис. 2. Профилированная лента имеет размеры 1000x19x0,7 мм, шаг закрутки $s/d = 7$. Результаты экспериментов с этими лентами, проведённых на воде и масле, представлены на рис. 3 и 4 и обобщены с помощью формул

$$Nu = 0{,}06 Re^{0{,}7} Pr^{0{,}43} (t/d)^{-0{,}21}; \quad (1)$$

$$\xi = 14{,}2 Re^{-0{,}39} Pr^{-0{,}13} (t/d)^{-0{,}36}, \quad (2)$$

где Nu — число Нуссельта; Re — число Рейнольдса; Pr — число Прандтля; t — шаг поперечных надрезов; d — диаметр трубы; ξ — коэффициент гидравлического сопротивления. Формулы (1) и (2) справедливы в диапазоне $Re = 360...2{,}2 \cdot 10^4$; $Pr = 4{,}55...143$, где погрешность вычислений составляет ±8% с доверительной вероятностью 0,98.

Поскольку реальные судовые теплообменники имеют более сложную конструкцию, чем рабочий учас-

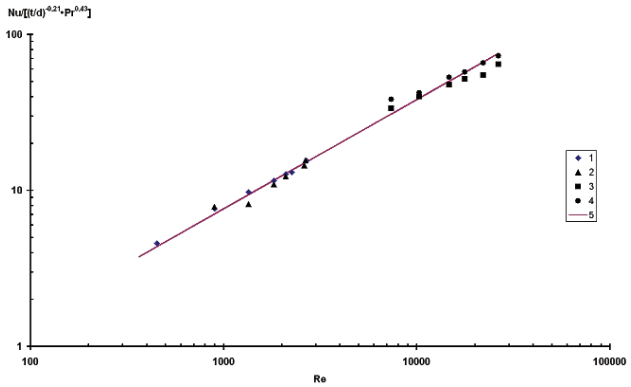


Рис. 3. **Средняя теплоотдача интенсификаторов типа «профилированная лента»:**
1, 2 — масло, t/d = 0,5 и 1 соответственно; *3, 4* — вода, t/d = 0,5 и 1 соответственно, *5* – расчет по (1)

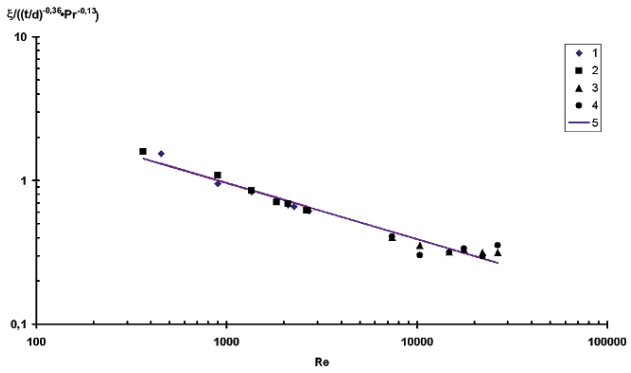


Рис. 4. **Гидравлическое сопротивление интенсификаторов типа «профилированная лента»:**
1, 2 — масло, *t/d* = 0,5 и 1 соответственно; *3, 4* — вода, t/d = 0,5 и 1 соответственно, *5* — расчет по (2)

ток экспериментального стенда, то представляет практический интерес теплогидравлический расчёт теплообменника в целом. Одним из распространённых типов маслоохладителей является МХД-13. Особенностью его конструкции можно считать использование сложных в изготовлении паяных тонкостенных плоских труб размерами 27х4,5 мм. Это позволяет интенсифицировать процесс теплообмена в аппарате, но резко снижает надёжность его работы, поскольку трубы, изготовленные таким способом, ненадёжны и быстро приходят в негодность. Одним из способов повышения надёжности маслоохладителя может стать использование наиболее распространённых бесшовных труб круглого сечения.

Для получения количественной оценки получаемого эффекта работа маслоохладителя была смоделирована в программном обеспечении Xchanger Suite v.7.1 компании HTRI, которая специализируется на исследованиях процессов теплообмена более 50 лет. Это программное обеспечение позволяет проводить теплогидравлические расчёты большинства видов теплообменного оборудования.

Программное обеспечение содержит в себе обширные базы теплоносителей, материалов и элементов конструкции теплообменных аппаратов, что даёт возможность быстро и точно выполнить инженерный расчёт.

Расчёт с трубами круглого сечения и входными параметрами для судового маслоохладителя типа

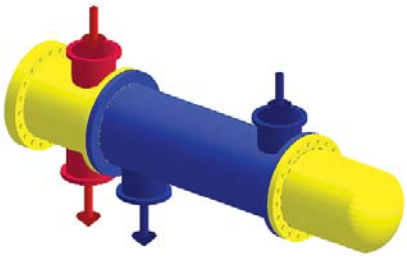


Рис. 5. **Судовой маслоохладитель типа МХД-13, смоделированный в среде Xchanger Suite v.7.1**

МХД-13 проводился в программном модуле кожухотрубчатых теплообменных аппаратов Xist.

Расчет теплообменника с интенсификатором типа «профилированная лента» осуществлялся путём подстановки в программу данных, полученных по уравнениям (1) и (2).

Выполнение расчёты (табл. 2) показывают, что использование наиболее распространённых бесшовных круглых труб 25х2 мм приводит к росту площади теплообмена до 200 м^2. Это увеличивает массогабаритные характеристики теплообменника и препятствует возможности их широкого применения в аппаратах данного типа. Использование круглых труб меньшего диаметра способствует некоторому снижению площади теплообменной поверхности. Наибольший эффект получается при интенсификации теплоотдачи от масла во внутритрубном пространстве при использовании описанной выше профилированной ленты. И в этом случае площадь теплообмена остается больше исходной, но рост площади теплообмена не является таким фатальным, как при использовании гладких труб, а надёжность работы трубного пучка резко возрастает, поскольку отсутствует пайка. Таким образом, интенсификация теплообмена маслоохладителей типа МХД и повышение их надёжности могут быть достигнуты в случае применения профилированных лент, размещённых в бесшовных трубах. Дальнейшее снижение массогабаритных параметров охладителей возможно за счёт применения интенсификаторов с трубами меньшего диаметра, однако при этом могут возникнуть проблемы другого рода, связанные, в частности, с накоплением отложений на теплообменных поверхностях и увеличением трудоёмкости их механической очистки от этих отложений.

Таблица 2

Параметры МХД-13 с различными типами поверхности теплообмена при тепловой мощности 0,35 кВт, расходе масла 16 м^3/ч, расходе воды 180 м^3/ч

Тип теплообменной поверхности	Поверхность теплообмена, м^2	Потери давления в трубах, кПа	Количество ходов по маслу	Габариты, мм
Плоские трубы 27х4,5 мм	16	78	1	702х586
Круглые трубы 8х1 мм	140	80	4	4500х540
Круглые трубы 25х2 мм	200	32	10	7800х720
Круглые трубы 25х2 мм с лентой, t/d = 0,5	35	78	4	5300х400
Круглые трубы 25х2 мм с лентой, t/d = 1	42	78	4	6000х420
Круглые трубы 8х1 мм с лентой, t/d = 0,5	35	78	4	1850х470
Круглые трубы 8х1 мм с лентой, t/d = 1	39	78	4	2000х460

Авторы выражают признательность компаниям «Н-Пром Бюро», HTRI и «Нева-Теплотехника» за поддержку в проведении данных исследований.

Литература

1. *Равин А. А.* Методы диагностики судового энергетического оборудования. СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2013.
2. *Naga Sarada S., Sita Rama Raju A.V., Kalyani Radha K., Shyam L.* Sunder Enhancement of heat transfer using varying width twisted tape inserts // International Journal of Engineering, Science and Technology. 2010. Vol. 2. № 6.
3. *Тарасевич С. Э., Яковлев А. Б., Шишкин А. В., Гиниятуллин А.А.* Особенности тепломассообмена в каналах с оребренными скрученными лентами//VIII Школа-семинар молодых ученых и специалистов академика РАН В. Е. Алемасова. Казань, 2012.
4. *Eiamsa-Ard S., Wongcharee K., Eiamsa-Ard P., Thianpong C.* Heat transfer enhancement in a tube using delta-winglet twisted tape inserts//Applied Thermal Engineering. 2010. № 30.
5. *Eiamsa-Ard S., Thianpong C., Eiamsa-Ard P.* Turbulent heat transfer enhancement by counter/co-swirling flow in a tube fitted with twin twisted tapes//Experimental Thermal and Fluid Science. 2010. № 34.
6. *Seemawute P., Eiamsa-Ard S.* Visualisation of Flow and Heat Transfer in Tube with Twisted Tape Consisting of Alternate Axis // 4th International Conference on Computer Modeling and Simulation (ICCMS 2012).
7. Eiamsa-Ard S., Seemawute P., Wongcharee K. Influences of peripherally-cut twisted tape insert on heat transfer and thermal performance characteristics in laminar and turbulent tube flows//Experimental Thermal and Fluid Science. 2010. № 34.
8. *Murugesan P., Mayilsamyb K., Suresh S.* Heat Transfer and Friction Factor in a Tube Equipped with U-cut Twisted Tape Insert//Journal of Mechanical and Industrial Engineering. 2011. Vol. 5. № 6.
9. *Chang S. W., Yang T. L., Liou J. S.* Heat transfer and pressure drop in tube with broken twisted tape insert//Experimental Thermal and Fluid Science. 2007. № 32.
10. *Лакиза М. В., Деменок С. Л., Медведев В. В.* Интенсификация теплообмена в трубном пространстве судовых теплообменных аппаратов//Турбины и дизели. 2013. № 5.

АВТОМАТЫ ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ТОЛСТОСТЕННЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. М. Ерёмин, В. А. Никитин, канд. техн. наук, **В. А. Гольнев**
(АО «ЦТСС», e-mail: inbox@ssts.spb.ru)

УДК 621.791.754.03:629.5.024

Существуют два способа стыковой сварки пазов обечаек прочного корпуса подводных лодок: сварка в горизонтальном положении под флюсом и электродуговая сварка в вертикальном положении в защитном газе в щелевую разделку с принудительным формированием шва. Первый способ применяется для сварки при толщине стыкуемых листов конструкции до 24 мм, второй способ — при сварке толщин свыше 24 мм.

Суть сварки в щелевую разделку заключается в заполнении расплавленной сварочной проволокой *4* пространства, ограниченного торцовыми поверхностями обечайки *2*, неподвижной формирующей подкладкой *1* и подвижным формирующим ползуном *5*, расположенным со стороны перемещающейся сварочной горелки *3* (рис. 1). Расплавление сварочной проволоки происходит в процессе горизонтального возвратно-поступательного и вертикального перемещения сварочной горелки. Свариваемая конструкция представляет собой цилиндр или конус, формируемый из нескольких обечаек. Число стыков может достигать пяти, высота свариваемой конструкции — до 3,2 м, диаметр — до 10 м.

После завершения сварки с обеих сторон с помощью наплавки выполняется усиление стыка. В связи с этим соединение осуществляется в два этапа: сварка стыка и наплавка усиления с двух сторон (рис. 2). Для каждого вида сварки служит своё оборудование.

Стыковая сварка в щелевую разделку успешно применяется в отечественном судостроении более 30 лет. Для этой цели в ЦНИИТС (ныне — АО «ЦТСС») в 80-е годы прошлого столетия были разработаны автомат для стыковой сварки «Ритм-2С» и автомат для наплавки усиления «Вымпел».

Сборка конструкции под сварку — это формирование стыка шириной 10—12 мм на всю высоту конструкции с использованием приварных гребенок, а также выводного кармана в нижней части и выводной планки в верхней части обечайки. В выводном кармане выполняется настройка режима сварки. Как автомат для стыковой сварки, так и автомат для наплавки *2* перемещаются оператором к свариваемой обечайке *1* на колесной платформе, позиционируются на ней и закрепляются струбцинами (рис. 3). Основной элемент автоматов — сварочная тележка *3*. При сварке конусных обечаек автоматы снимаются с платформы краном и устанавливаются сверху на обечайку, параллельно образующей конуса.

Основную сложность при сварке в щелевую разделку представляет стабилизация уровня сварочной ванны, который должен находиться ниже верхней кромки подвижного формирующего ползуна *5* (см. рис. 1) на величину $h = 5...8$ мм. Это достигается ручным регулированием скорости вертикального перемещения формирующего ползуна. Оператор выполняет настройку режима сварки в выводном кармане и затем поддерживает уровень сварочной ванны вручную в процессе вертикального перемещения сварочной тележки *3*. При повышении уровня ванны оператор увеличивает скорость вертикального перемещения сварочной тележки и тем самым формирующего ползуна, при понижении уровня он уменьшает скорость. При высоте свариваемой конструкции 2,5 м и выше требуется вертикальное перемещение оператора по приставному трапу вслед за движением сварочной тележки. При длительности процесса сварки два и более часа это представляет собой утомительную процедуру.

За прошедшие десятилетия накоплен большой опыт эксплуатации автоматов. Однако в связи с исчерпанием ресурса автоматов

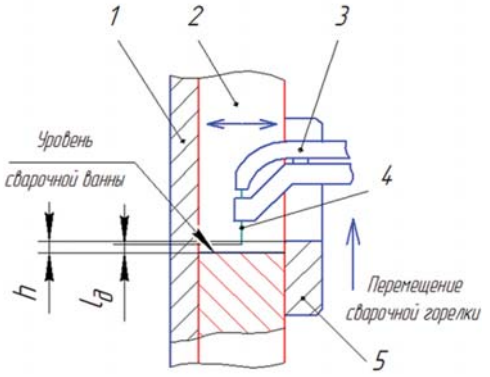


Рис. 1. **Стыковая сварка паза обечайки в щелевую разделку:**
1 — неподвижная формирующая подкладка; *2* — обечайка; *3* — сварочная горелка; *4* — сварочная проволока; *5* — подвижный формирующий ползун;
$l_д$ — длина сварочной дуги; *h* — превышение подвижного формирующего ползуна над уровнем сварочной ванны

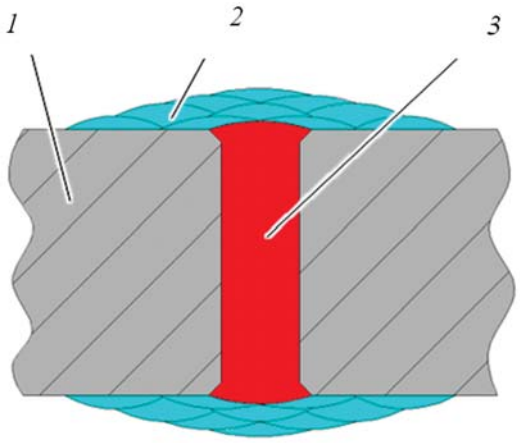


Рис. 2. **Соединение обечайки электродуговой сваркой в щелевую разделку:**
1 — обечайка; *2* — усиление шва; *3* — стыковой шов

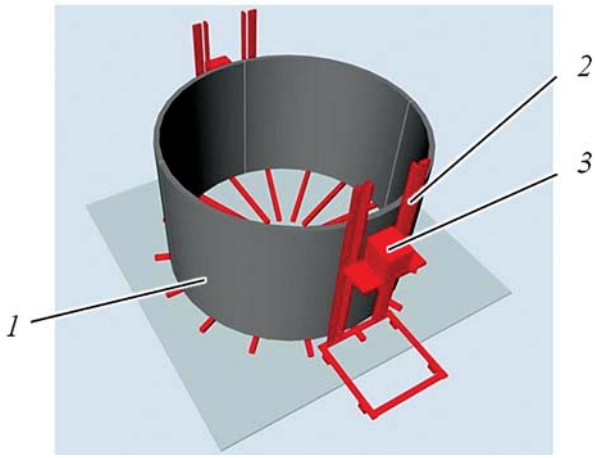


Рис. 3. **Сварка пазов обечайки прочного корпуса:**
1 — обечайка; *2* — автомат стыковой сварки (наплавки); *3* — сварочная тележка автомата

«Ритм-2С» и «Вымпел» возникла необходимость в замене их автоматами нового поколения. При этом с одной стороны накопленный опыт выявил наличие определенного технического ресурса по их совершенствованию. С другой стороны, такие технические возможности появились в связи с созданием новых, более совершенных технических средств автоматизации технологических процессов, в частности сварки.

При разработке нового поколения автоматов была поставлена задача повышения уровня автоматизации процесса сварки, прежде всего в автоматизации процесса стабилизации уровня расплавленного металла сварочной ванны.

Система автоматической стабилизации уровня сварочной ванны построена с применением принципов нечёткой логики. Для оценки изменения уровня ванны, который сопровождается изменением длины сварочной дуги $l_д$, используется усредненное значение величины сварочного тока. При повышении уровня сварочной ванны длина дуги уменьшается, ток увеличивается, и, следовательно, необходимо увеличивать первоначально заданное превышение h подвижного формирующего ползуна над уровнем сварочной ванны в крайних положениях сварочной горелки (у формирующего ползуна и формирующей подкладки). При понижении уровня сварочной ванны длина дуги увеличивается и соответственно необходимо уменьшать превышение h подвижного формирующего ползуна.

Структурная схема системы автоматической стабилизации уровня сварочной ванны представлена на рис. 4. Система включает в себя блоки оценки состояния и принятия решений. В блоке оценки состояния осуществляется перевод значения величины отклонения тока от заданного в термы нечёткой логики. Блок принятия решения отвечает за выработку стратегии и выдачу корректирующего сигнала в систему управления вертикальным перемещением сварочной тележки.

При моделировании процесса стабилизации уровня сварочной ванны в среде MATLAB Simulink были сделаны следующие допущения:

1. В качестве возмущающего воздействия («Помеха» на рис. 4 и кривая «Помеха» на осциллограмме рис. 5, а) был использован сигнал синусоидальной формы с амплитудой, соответствующей 15% отклонению усредненного значения величины тока.

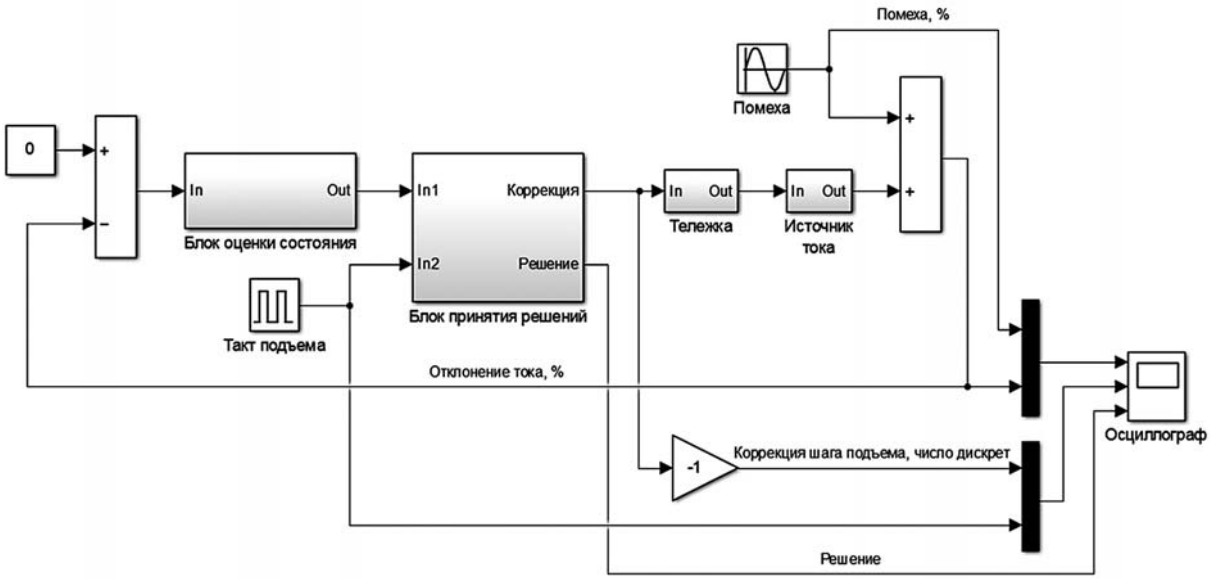


Рис. 4. **Структурная схема системы автоматической стабилизации уровня сварочной ванны**

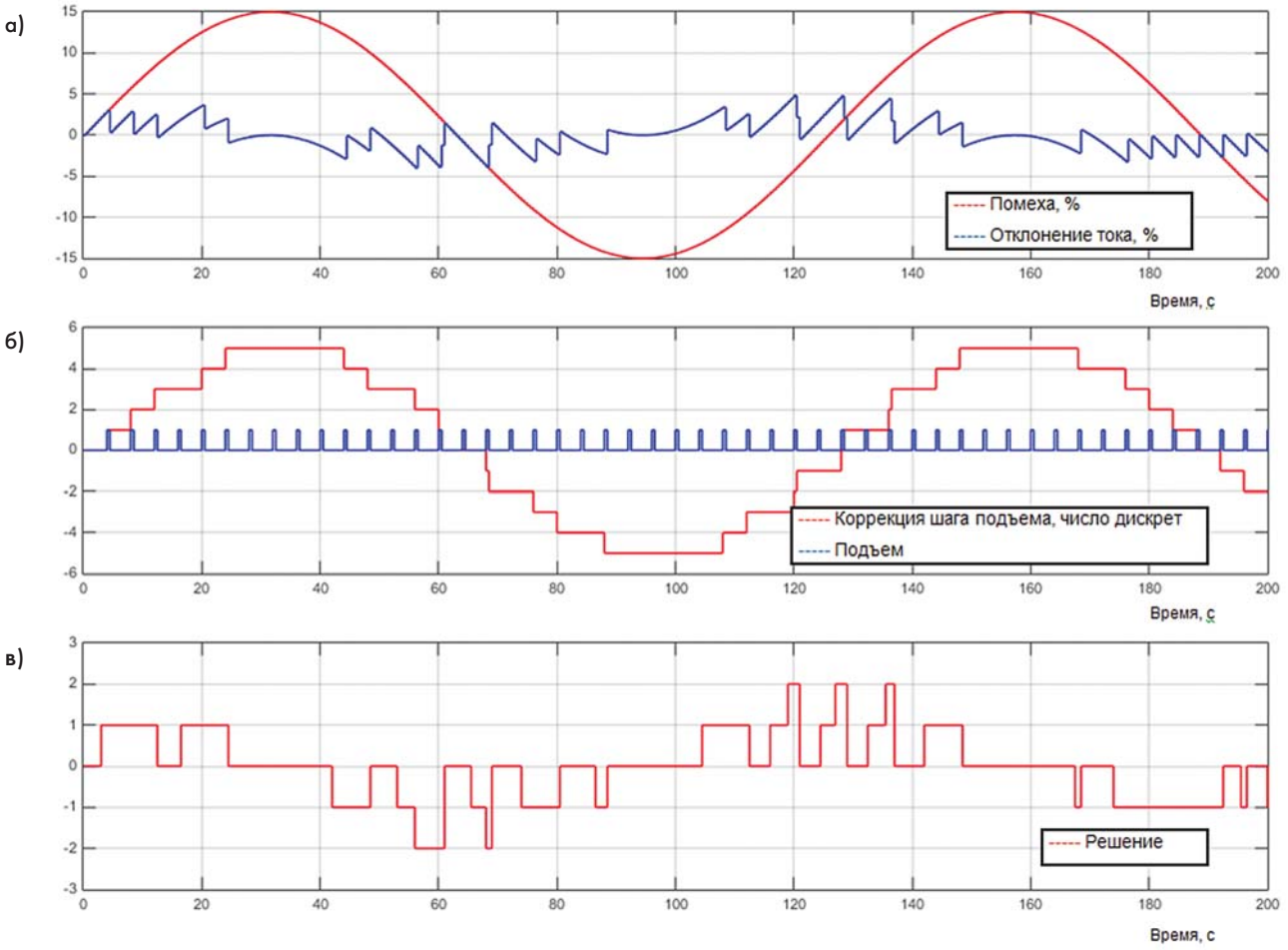


Рис. 5. **Осциллограммы процесса стабилизации уровня сварочной ванны:**
а — величина помехи и отклонение тока во времени; *б* — коррекция шага подъема сварочной тележки; *в* — решение о коррекции величины шага подъема сварочной тележки

2. Переходные процессы, связанные с изменением режима работы сварочного источника, считались мгновенными ввиду большой общей длительности сварочного процесса.

Моменты шагового подъема тележки в крайних горизонтальных положениях сварочной горелки отражены на осциллограмме рис. 5, б (кривая «Подъем»). Уровням «1» и «-1» кривой «Решение» (осциллограмма рис. 5, в) соответствуют оценки «больше» и «меньше» величины отклонения тока относительно заданного значения и принятие решения о коррекции высоты подъема тележки на одну условную дискрету. Уровням «2» и «-2» соответствуют оценки «много больше» и «много меньше» величины отклонения тока и принятие решения о коррекции высоты подъема на две условных дискреты.

Результаты испытаний показали, что система ведет себя устойчиво и мгновенное отклонение величины сварочного тока не превышает 5% от поддерживаемой величины. Усредненное отклонение не превышает 2,5%. Реальный процесс сварки сопровождается более плавным изменением усредненного значения величины возмущающего воздействия, поэтому разработанная система стабилизации достаточно точно и надёжно поддерживает уровень сварочной ванны.

Автоматическое регулирование уровня сварочной ванны предъявляет специальные требования к источнику сварочного тока. В результате поиска источника с соответствующими характеристиками был применён инверторный источник «inoMIG 500» фирмы Jäckle, обеспечивающий аналоговый сигнал обратной связи по току необходимого качества. Сварка ведётся постоянным током на обратной полярности. Источник тока имеет жёсткую вольтамперную характеристику.

Основные элементы конструкции модернизированного автомата стыковой сварки «Вертикаль-С»: рама с вертикальными направляющими *1*, расположенная на передвижной платформе, сварочная тележка *2*, механизм поджима формирующего ползуна *3*, формирующий ползун *4*, специальная сварочная горелка *5*, газозащитная приставка *6*, механизм подачи сварочной проволоки *7*, механизм возвратно-поступательного перемещения сварочной горелки *8*, кассета сварочной проволоки *9*, механизм перемещения сварочной головки к изделию *10*, привод вертикального перемещения *11* (рис. 6). Формирующий ползун, горелка и формирующая подкладка имеют водяное охлаждение.

Защита сварочной ванны обеспечивается подачей смеси защитного газа (Ar 70—85%; CO_2 30—15%) в зону сварки. Подача защитного газа включена в систему автоматического регулирования работой автомата.

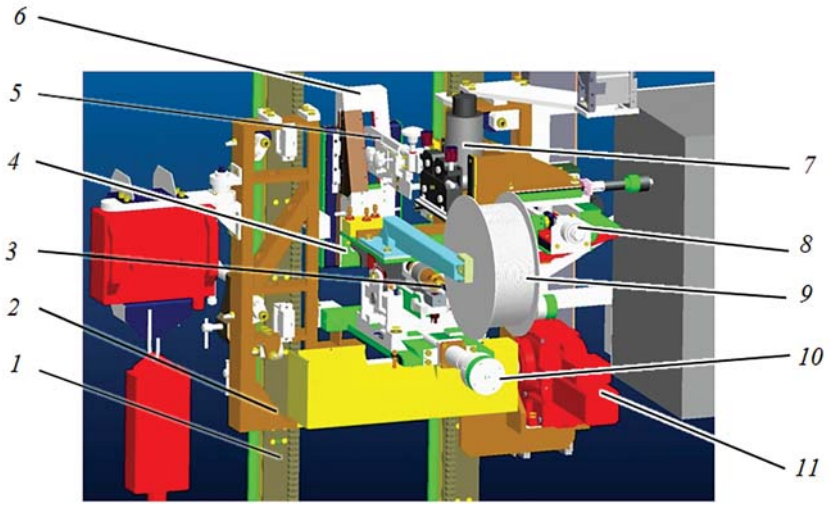


Рис. 6. **Сварочная тележка автомата «Вертикаль-С»:**
1 — рама с вертикальными направляющими; *2* — сварочная тележка; *3* — механизм поджима формирующего ползуна; *4* — формирующий ползун; *5* — специальная сварочная горелка; *6* — газозащитная приставка; *7* — механизм подачи сварочной проволоки; *8* — механизм возвратно-поступательного перемещения сварочной горелки; *9* — кассета сварочной проволоки; *10* — механизм перемещения сварочной головки к изделию; *11* — привод вертикального перемещения

Основные технические характеристики автомата «Вертикаль-С»

Номинальный сварочный ток, А . . . .до 500
Толщина свариваемого металла, мм 30–100
Скорость сварки, м/ч 0,8–8,0
Маршевая скорость, м/ч 60
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч 100–500
Диаметр электродной проволоки, мм 2,0
Расход защитного газа, л/мин 20–130
Скорость продольного перемещения мундштука, м/ч 20–100
Максимальная потребляемая мощность, кВт 20

Наплавочный автомат «Вертикаль-Н» предназначен для автоматической вертикальной наплавки усиления стыковых сварных соединений обечаек прочного корпуса. Система ЧПУ обеспечивает автоматическое задание необходимой геометрии валика и автоматическую раскладку наплавляемых валиков усиления.

Основные элементы конструкции модернизированного наплавочного автомата «Вертикаль-Н»: *1* — рама с вертикальными направляющими; *2* — сварочная тележка; *3* — механизм колебаний сварочной горелки; *4* — сварочная горелка; *5* — механизм подачи сварочной проволоки; *6* — механизм корректировки; *7* — кассета сварочной проволоки; *8* — привод вертикального перемещения (рис. *7*).

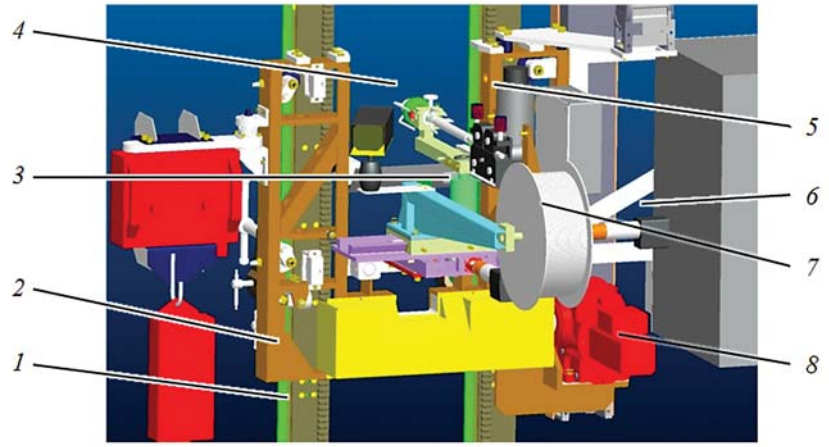


Рис. *7*. **Сварочная тележка наплавочного автомата «Вертикаль-Н»:**
1 — рама с вертикальными направляющими; *2* — сварочная тележка; *3* — механизм колебаний сварочной горелки; *4* — сварочная горелка; *5* — механизм подачи сварочной проволоки; *6* — механизм корректировки; *7* — кассета сварочной проволоки; *8* — привод вертикального перемещения

Основные технические характеристики автомата «Вертикаль-Н»

Номинальный сварочный ток, А . . .до 315
Скорость наплавки, м/ч 1,0–6,0
Маршевая скорость, м/ч 60
Диаметр электродной проволоки, мм 1,2
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч 150–750
Расход защитного газа, л/мин 10–40
Частота колебаний сварочной горелки, 1/мин 7–70
Амплитуда колебаний сварочной горелки, мм 2–50
Максимальная потребляемая мощность, кВт 20

Новые автоматы в отличие от «Ритм-2С» и «Вымпел» выполнены на модульном принципе с использованием унифицированных узлов: передвижной платформы, вертикальных направляющих и ходовой тележки. Применены одинаковые источники сварочного тока. Система автоматического регулирования уровня сварочной ванны и управления автоматами в целом реализована на основе УЧПУ.

Автомат «Вертикаль-Н» содержит систему дистанционного телевизионного наблюдения за процессом наплавки. Оператор только контролирует процесс через систему видеонаблюдения, вмешиваясь в него через пульт управления в необходимых случаях.

Заключение:

1. Разработано новое поколение автоматов стыковой сварки и наплавки толстостенных корпусных конструкций, обеспечивающих высокий уровень автоматизации процесса сварки.

2. Разработана система автоматической стабилизации уровня сварочной ванны на основе принципов нечёткой логики.

3. Опытно-промышленная эксплуатация модернизированных автоматов «Вертикаль-С» и «Вертикаль-Н» на предприятии ОАО «ПО «Севмаш» показала необходимость создания надежной автономной системы обеспечения смесью защитных газов, являющейся гарантией получения высокого качества стыкового соединения прочного корпуса.

НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА — ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В. Н. Кравчишин, канд.техн.наук, **Д. Б. Кабанов,**
В. Н. Шевяхов (АО «ЦТСС», e-mail: inbox@spb.ru)

УДК 658.53:629.5

Техническое нормирование труда — сложный технико-экономический процесс, являющийся неотъемлемой частью промышленного производства, важнейшим элементом его технологической подготовки; аккумулирующий в себе достижения техники, технологии, организации труда, профессиональных знаний и умений работников, экономических, психологических и медицинских аспектов знаний о труде; преобразующий достижения различных областей знаний, достигнутый уровень развития техники, технологии и организации труда предприятий в конкретные количественные характеристики труда [1].

Анализируя процессы, происходящие в судостроении, в статье [2] был сделан вывод — эффективность финансово-хозяйственной деятельности предприятий не соответствует достигнутому уровню развития техники, технологий и организации производства, механизации и автоматизации рабочих мест. Единичными остаются примеры по развитию производственной базы предприятий за счет собственных средств, полученных по результатам производственной деятельности. Простое воспроизводство основных производственных фондов не находит широкого применения. Причины этого явления очень разнообразны и во многих случаях не зависят от предприятий. Но, сокращение издержек производства и повышение его эффективности — задача предприятий.

В настоящее время в судостроении нормы труда не аккумулируют и не преобразуют достижения развития техники, технологии и организации производства, механизации и автоматизации рабочих мест предприятий в конкретные показатели эффективности — прибыль, рентабельность, фондоотдача, сокращение издержек производства и рост производительности труда. Техническое перевооружение производства, техническое нормирование труда и эффективность производства существуют, практически не пересекаясь и не влияя друг на друга.

Если рассмотреть вопрос о нормировании труда и его роли в повышении эффективности финансово-хозяйственной деятельности современного судостроительного предприятия, напрашивается вывод — нормы труда не обеспечивают динамики повышения эффективности производства, соответствующей достигнутому уровню развития техники и технологий, организации производства, механизации и автоматизации рабочих мест. Чтобы повысить эффективность производства, нужно увеличить объем выпускаемой продукции или повысить ее качество при неизменных или пониженных производственных затратах. Достигнуть этого возможно за счет технического прогресса, внедрения новой техники, технологий и новых форм организации производства, новых адаптированных норм труда.

Технический прогресс служит основным условием развития производства. От уровня развития техники, технологии и организации производства непосредственно зависит эффективность использования технологического потенциала предприятий, и с помощью технического нормирования труда эти достижения могут преобразоваться в показатели финансово-хозяйственной деятельности. Мировые тенденции развития морской и военно-морской техники демонстрируют внедрение новых высокоэффективных технологий, высокопроизводительного технологического оборудования и техники. В практике ведущих мировых морских держав за последние 20—30 лет на 15—20 % сократились численность экипажей, время простоя в портах (под загрузкой, разгрузкой) и время строительства гражданской морской техники. Произошло качественное изменение морской техники, значительно возросли требования к гарантийным срокам эксплуатации без ремонта, технологиям постройки, качеству выполнения работ. Схожие процессы происходят в отечественном морском и военно-морском флоте, и морской деятельности страны.

Для достижения таких результатов в отечественном судостроении потребуется развитие техники и технологий, более высокий уровень организации судостроительного производства, что не возможно без постоянного роста инвестиций (в основном государственных).

Но здесь обнаружилось противоречие — государственные инвестиции в основное производство продолжают расти, а используемые предприятиями нормы и нормативы труда не в полной мере аккумулируют в себе результаты технического перевооружения и модернизации производства, механизации и автоматизации рабочих мест. Техническое нормирование труда, посредством которого осуществляется увязка элементов конструкторской, технологической и организационно-кадровой подготовки производства продолжает основываться на устаревших отраслевых нормативах времени труда. Отраслевые нормативно-справочные материалы, с использованием которых разрабатываются типовые, отраслевые и заводские нормы труда, не обновлялись последние 25—30 лет. Также централизованно не разрабатывались и не актуализировались типовые, отраслевые нормативы времени труда, что привело к разбалансировке их оценки в сопоставлении с фактическими затратами труда предприятий, с техническим и технологическим уровнем производства, автоматизацией и механизацией рабочих мест.

Таким образом, можно сделать вывод — разрушена система балансов меры труда (объема труда) и нормы труда.

Каждое предприятие разрабатывает свои заводские нормы труда, опираясь на устаревшие отраслевые материалы. Такие нормативы не учитывают достижения передовых технологий, опыта лучших предприятий отрасли и смежных отраслей промышленности, и не могут (до известной степени) быть объективными по определению. Оценить объективность заводских норм времени, не имея отраслевых ориентиров, очень сложно. Отсюда возникают высокие значения коэффициентов переработки норм, которые на некоторых предприятиях доходят от 1,3 до 1,5.

Актуализация отраслевых нормативно-справочных, технологических документов — процедура очень длительная и трудоемкая, требующая вовлечения многих отраслевых научных организаций по видам техники, специальных знаний и навыков, создания специальной базы нормативов времени, современных подходов к техническому нормированию. Во многих отраслевых научных организациях судового машиностроения, морского приборостроения, судовой электрорадиоавтоматики, судоремонта научный и кадровый потенциал технического нормирования труда практически утерян. С другой стороны разрабатывать отраслевые и заводские нормы труда необходимо. Они являются связующим элементом многих процессов технологической подготовки производства, планирования, формирования фонда заработной платы и внутризаводского учета затрат труда на всех этапах постройки и сопровождения жизненного цикла морской техники.

Понимание необходимости возобновления разработки типовых отраслевых норм труда есть на всех уровнях управления судостроительной промышленностью[1].

В данное время заводские службы технического нормирования труда лишены ориентиров, учитывающих достижения современных технологий и передового опыта лучших предприятий отрасли, и объективно не могут выполнить в полной мере методические процедуры технического нормирования. И как следствие, техническое перевооружение и модернизация производства, создание высокопроизводительных рабочих мест не отражаются на росте производительности труда и сокращении сроков постройки морской техники и ее компонентов. Государственные инвестиции в основной капитал и возросший уровень капитализации не дают ожидаемой отдачи, которая определена федеральными целевыми программами развития отрасли. Бюджетные средства используются не эффективно.

Отдача на вложенный капитал — показатель стабильности экономического развития субъектов хозяйственной деятельности [3]. Результатом инвестиций в основной капитал является — технический и технологический уровень производства, который оценивается:

капиталовооруженностью труда;

фондовооруженностью труда;

технической вооруженностью труда;

машиновооруженностью труда;

энерговооруженностью труда, и другими показателями.

Рост капиталовооруженности, фондовооруженности, машиновооруженности и технической вооруженности труда (рабочих мест) значительно опережает рост выработки на одного работающего. Выполненный АО «ЦТСС» анализ технико-экономических показателей ведущих судостроительных и судоремонтных предприятий за последние годы подтверждает предположение — несоответствие динамики технического и технологического уровня производства динамике производительности труда. Фундаментальные причины этого — разница в пропорциях между мерой труда и нормами труда, учитывающая технический и технологический уровень производства и организации труда.

Технически обоснованные нормы труда, сбалансированные с мерой (объемом) труда, — это основа экономической эффективности любого предприятия, стабильности его экономического развития. Темпы роста инвестиций в основной капитал на ведущих судостроительных предприятиях (за период 2008—2013 гг.) были достаточно высокие, порядка 4—8%, а в отдельные годы доходили до 10%. При этом технико-экономические показатели финансово-хозяйственной деятельности, в том числе, рост производительности труда, не отражают соответствующего из-

[1] Более подробная информация и проблемы, связанные с этим, будут даны в следующей статье.

менения капиталовооруженности, фондовооруженности, технической вооруженности, машиновооруженности и энерговооруженности труда. Существует зависимость между ростом технического и технологического уровня производства предприятий и темпами изменения норм труда. С изменением норм труда логично ожидать изменения (увеличения) выработки объема труда на одного работающего, т. е. новые или адаптированные к модернизированным рабочим местам нормы и нормативы труда предусматривают соответствующий уровень увеличения производительности труда. Темпы увеличения производительности труда определяются уровнем напряженности норм труда, так как нормы труда аккумулируют в себе достижения в области организации производства, капиталовооруженности, фондовооруженности, технической вооруженности, машиновооруженности, энерговооруженности труда, механизации и автоматизации рабочих мест.

В советский период было установлено, что капиталовооруженность труда, техническая вооруженность, машиновооруженность и энерговооруженность труда должна отражаться в планах технического перевооружения производства и планах совершенствования организации труда и управления и других нормативных документах. Данные документы разрабатывались и поддерживались в актуальном состоянии многими отраслевыми структурами по закрепленным видам техники и (или) ответственности.

Восстановить полностью такую систему в ближайшей перспективе не удастся. Этот процесс необходимо перевести на современный уровень использования компьютерной техники, унифицируя элементы труда и его организацию.

По нашему мнению решению указанных проблем будет способствовать создание отраслевой автоматизированной системы нормирования труда для обеспечения оперативными, унифицированными нормативно-справочными материалами, к которым относятся:

• каталоги по видам производств унифицированных, типовых, максимально подробных работ и операций.

• унифицированные каталоги технологического оборудования по видам производств, с основными характеристиками их работы;

• унифицированные, каталоги (сборники) норм времени типовых, максимально подробных работ и операций по видам производств;

• унифицированные методические указания аппроксимации значений нормативов — преобразование численных значений нормативов времени в непрерывные (функциональные) математические зависимости (выражение табличных данных посредством уравнений зависимости затрат времени от расчетных факторов), ускоряющие техническое нормирование труда.

Задача разработчика нормативов (в этом случае) состоит в том, чтобы на базе ограниченного количества хронометражных и статистических данных определить множество табличных значений нормативов, соответствующих заданным значениям расчетных факторов.

Обеспечив предприятия отрасли такими унифицированными технологическими документами нового типа и программным обеспечением, можно будет в оптимальные сроки разрабатывать на уровне предприятий локальные, заводские нормативы времени с минимальными затратами труда. Внедрение пооперационного нормирования в судостроении имеет большую перспективу, так как обладает большим потенциалом для автоматизации. В судостроении присутствует большая доля ручного труда, поэтому автоматизация разработки норм времени труда — непростой и трудоемкий процесс, но вместе с тем это позволит в обозримой перспективе оптимизировать затраты труда по всей цепочке создания морской техники. Мотивацией предприятия к широкому применению нормирования труда в производстве должна быть получаемая выгода для субъектов хозяйственной деятельности и возможность ее подсчитать. Нормирование труда решает постоянный вопрос рационализации производства и труда, что должным образом подлежит материальному стимулированию.

Техническое нормирование труда, постоянное поддержание нужного уровня напряженности норм и нормативов труда должны давать отдачу предприятиям. Каждый работник должен почувствовать «материально», что его рабочее место — это его «бизнес», именно ему выгодно иметь высокопроизводительное рабочее место, оснащенное передовым технологическим оборудованием и необходимой технологической и технической документацией, в том числе актуализированными нормами и нормативами труда.

Технически обоснованные нормы труда как стимул для промышленно-производственного персонала по увеличению производительности труда. Развернутая, технически обоснованная система нормирования труда является обязательным условием объективной оценки труда основных производственных рабочих, но не достаточным. Хорошо работающий рабочий, выполняющий и перевыполняющий нормы труда должен получать более высокую заработную плату. Одним из основных противоречий, сдерживающих рост производительности труда, является ориентация на средние показатели заработной платы. Только объективность оценки труда является побудительным мотивом снижения затрат труда и повышения производительности труда. Следует учитывать, что типовыми, отраслевыми нормами труда должны быть охвачены все производственные цепочки поставщиков компонентов, участвующих в создании, ремонте и техническом обслуживании морской техники — производители судового машиностроения, морского и специального приборостроения и судовой электрорадиоавтоматики, а также машиностроительные производства судостроительных и судоремонтных предприятий [4].

Без согласованной политики развития промышленно-производственного потенциала и соответству-

ющей заинтересованности работников все усилия государства по увеличению производительности труда будут нейтрализованы сопротивлением «среды». В настоящее время нормы труда, нормативы выработки и численности плохо согласованы с доходами работников. Инициатива исполнителей по пересмотру норм труда на предприятиях отрасли — явление редкое, а объем материального стимулирования настолько незначителен, что реальных результатов это не дает.

Напряженность норм труда — производительность труда. Поддержание постоянного уровня напряженности норм труда (при изменении технического и технологического уровня производства, механизации и автоматизации рабочих мест) задает темп изменения выработки одного работающего. Напряженность норм труда находится в зависимости от технического перевооружения и модернизации производства. Растет технический и технологический уровень производства — снижаются нормы труда (напряженность норм труда поддерживается на неизменном уровне), увеличивается объем труда выполненный одним работником. Централизованно установленные нормы предназначены отражать общую тенденцию увеличения технического и технологического уровня производства в отрасли. Локальные, заводские нормы, разрабатываемые на основе типовых отраслевых норм труда, должны выражать тенденцию их изменения на конкретном предприятии посредством коэффициентов и других составляющих, отражающих местные особенности производства (достигнутый технический и технологический уровень).

Укрупненные, типовые отраслевые нормы труда предусматривают определенный уровень унификации, описывают состав, классификацию, структуру и способы выполнения трудовых процессов, факторы, влияющие на нормативную величину затрат труда, рабочего времени исполнителей. В каталогах (сборниках) типовых отраслевых норм труда дается описание прогрессивных форм организации труда, приводятся ссылки на ГОСТы и ОСТы, а также учитывается передовой опыт и предложения ведущих предприятий отрасли. Для типовых, отраслевых норм труда даются ссылки на типовые, унифицированные проекты организации рабочих мест, и др. При разработке унифицированных типовых норм учитываются требования по безопасности труда, соблюдение которых является обязательными при выполнении нормируемых работ.

Технологические этапы освоения норм труда предусматривают:

- создание на рабочем месте организационно-технических условий предусмотренных нормами;
- ознакомление с новыми нормами исполнителя процесса;
- овладение исполнителями технологическим и трудовым процессами, лежащими в основе норм и достижение предусмотренного нормами уровня производительности труда.

Имея все перечисленные материалы и исходные отраслевые документы, локальные, заводские нормы времени корректируются предприятиями с учетом местных условий и плана технического перевооружения производства и плана совершенствования организации труда и управления, в том числе (при необходимости) устанавливаются соответствующие поправочные коэффициенты к отраслевым нормативам времени труда. Приказом (распоряжением) руководителя ежегодно нормы труда «вводятся» на предприятии. При такой организации системы нормирования труда в судостроении, динамично изменяющиеся технико-технологические условия и организация производства на предприятиях будет отражаться в применяемых нормах и нормативах труда, т. е. будет поддерживаться постоянная напряженность норм труда.

Масштаб расширения нормирования труда и темпы изменения производительности труда. Жизнеспособность предприятий во многом определяется эффективностью использования основных фондов, живого труда и рационального расходования привлекаемых ресурсов. Что невозможно без технически обоснованных норм и нормативов труда (норм времени труда, нормативов численности работников, норм обслуживания) на всех этапах производственного процесса и управления.

Теория расширения сферы нормирования труда на всю производственную и хозяйственную деятельность предприятий, как основы сокращения затрат живого труда — продолжает быть актуальной в наше время. Однако ключевая идея максимального охвата нормированием труда производственного процесса создания, технического обслуживания, модернизации, ремонта и утилизации морской техники остается до сих пор внятной и логичной в качестве экономической политики предприятий, которая обеспечит:

- экономическую заинтересованность продвижения технического перевооружения и модернизации производства;
- перманентный рост производительности труда;
- конкурентоспособность отечественного судостроения.

Самый важный способ повышения производительности труда — масштаб производства, сокращающий издержки, обеспеченный на всех этапах и видах производственного процесса нормами времени труда, выработки и нормативами численности.

Масштаб и грандиозность стоящих задач требует спланированных программных действий, выработка которых под силу только вовлечением всех научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций и производственных предприятий судостроения, судоремонта, судового машиностроения, морского приборостроения и судовой электрорадиоавтоматики.

Литература

1. *Метляева И. Е.* Проблемы нормирования труда на предприятиях машиностроительного комплекса. Новосибирск: Сибирский федеральный университет. 1996.
2. Судостроение. 2015. № 3. С. 65.
3. *Ковавлев В. В.* Финансовый анализ. Методы и процедуры. М.: Финансы и статистика, 2002.

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. И. Сутырин, докт. техн. наук, e-mail: vsutyrin@mail.ru (Институт транспорта и технического сервиса Балтийского федерального университета им. И. Канта)

УДК 681.322:629.5.024.004

Логистические аспекты функционирования системы технического обслуживания и ремонта (ТОР) связаны с минимизацией издержек, материальных ресурсов и времени при обязательном обеспечении обслуживающим предприятием исправного состояния, эксплуатационной безопасности и надежности объектов морской техники. При этом конкурентоспособность предприятия достигается эффективным управлением (преобразованием) входящего материального потока техники, а также порождаемых им потоков финансов и информации при помощи многочисленных логистических операций, требующих непрерывной рационализации.

Информационную поддержку в системе ТОР обеспечивают автоматизированные системы управления (АСУ ТОР). В наиболее разработанном виде они существуют в применении к судовым техническим средствам [1]. Элементы подсистемы АСУ ТОР корпусных конструкций промысловых судов разрабатывались в рамках целевой программы «Ремонт» [2]. Однако их реализация средствами вычислительной техники не была завершена в требуемом объеме. Вместе с тем разработка подобных систем остается актуальной в связи с исключительной важностью подсистемы корпуса в системе судна по условиям безопасности мореплавания и логистических издержек ТОР.

Важная роль в АСУ указанного типа принадлежит программным средствам инженерного анализа — так называемым CAE-системам (Computer Aided Engineering), позволяющим выявлять характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС) и устойчивости корпусных конструкций с учетом фактических характеристик (износов, повреждений), а также воздействия внешней среды. CAE-комплексы представляют, по сути, автоматизированные информационные системы (АИС), предназначенные для поддержки принятия эффективных инженерных решений [3, 4]. Подобные решения должны снижать объемы и сроки выполнения ремонтных работ, повышать эффективность эксплуатации судна, назначать рациональные режимы эксплуатации, обеспечивать безопасность (прочность) корпуса судна в аварийных ситуациях и т. п. Задачи ТОР предъявляют к CAE-системам весьма специфичные требования, предусматривающие, в частности, минимизацию издержек и времени, затрачиваемого на формирование расчетных схем корпусных конструкции и их инженерный анализ при одновременном обеспечении его многовариантности, комплексности, полноты и высокой точности. Таким образом, важнейшие требования можно отнести к категории логистических, инженерных, а также вычислительно-технологических (информационных, математических). На практике перечисленные требования оказываются многоаспектными и весьма противоречивыми. Поэтому решение задач ТОР с применением информационных средств требует мобилизации весьма серьезных интеллектуальных ресурсов.

Инженерная деятельность по организации и выполнению анализа корпусов морской техники порождает интенсивные информационные потоки. Важно не только оптимизировать (рационализировать) управление потоками информации АИС, отслеживающих фактическое состояние техники, формирование расчетных схем, характеристик НДС, технологических схем ТОР, но и обеспечить гармоничное включение указанных потоков в систему управления знаниями предприятия (рис. 1).

При таком подходе информационные технологии, обеспечивая эффективное выполнение операций ТОР, максимально содействуют поиску новых инженерных решений, коллективному творчеству, непрерывному профессиональному росту (обучению) специалистов, воспроизводству и распространению инженерных знаний более высокого уровня. Достичь указанных целей можно лишь на основе системных подходов к организации и управлению автоматизированным инженерным анализом, к совершенство-

Рис. 1. **Цикличность информационных процессов инженерного анализа в рамках системы ТОР морской техники**

ванию его базовых информационно-вычислительных процедур.

Метод конечных элементов (МКЭ), положенный в основу большинства известных CAE-комплексов [5, 6], характеризуется широкой научно-методической базой, значительным инновационным потенциалом. Уникальность метода определяется тем, что он по существу реализует все этапы системного подхода к расчетному анализу сложных конструкций. Метод обеспечивает широкие возможности для использования прикладных методик различного назначения, что особенно важно для поддержки операций ТОР. Вместе с тем, обладая весьма большими количественными возможностями, подсистемами автоматизации моделирования (препроцессорами) и иллюстрациями результатов (постпроцессорами), CAE-комплексы в их современном виде все же не в полной мере отвечают потребностям ТОР. Информационный процесс замыкается в них на поиске характеристик НДС или оптимальных параметров конкретной конструкции (структурно-компоновочной схемы) (рис. 2).

В то время как практика ТОР характеризуется исключительной многочисленностью типов и характеристик технического состояния корпусных конструкций, вариантов их исполнения (подкрепления, модернизации и т. п.), условий воздействия внешней среды и т. д. Для большинства CAE-комплексов характерен подход, связанный с совокупным формированием и анализом разрешающей системы уравнений. В результате применяемой линейной технологической схемы расчетных исследований (рис. 3) многочисленные корректировки расчетных моделей конструкции, которые по существу и являются следствием изменения технического состояния техники и учета особенностей эксплуатации, приводят к крайне неэффективному многократному переформированию и пересчету расчетных моделей. В результате достижение высокой производительности (оперативности) анализа, снижение его издержек оказываются проблематичными.

Предлагаемое изменение парадигмы расчетного исследования сводится к применению объектного подхода, заключающегося в пере-

Рис. 2. **Функционально-технологическая схема комплекса CAE-класса**

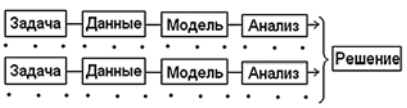


Рис. 3. **Линейная схема инженерного анализа корпуса судна**

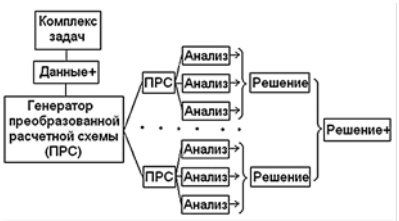


Рис.4. **Подход к расчетному анализу корпуса на основе системных преобразований и построения преобразованных расчетных схем**

ходе от разового расчета корпуса к многократному выборочному расчету его элементов без пересчета глобальной системы разрешающих уравнений. Источником для разработки новой методологии автоматизированного инженерного анализа могут служить классические подходы и методы строительной механики. В этой связи следует особо подчеркнуть эффективность применения методов структуризации (анализа систем по частям, диакоптики [5—8]), приобретающих особую актуальность в связи с увеличением производительности компьютерной техники и размерности решаемых задач. Направления развития указанных методов в наибольшей степени отвечают тенденциям развития многопроцессорной вычислительной техники, способной уже в ближайшем будущем обеспечить инженерный анализ корпуса судна в режиме реального времени.

Эффективная структуризация расчетных моделей обеспечивает, с одной стороны, распараллеливание вычислений (высокую производительность), а с другой — сокращение порядка и простоту описания задач, целостность, полноту и комплексность расчетных исследований. Новые концептуальные подходы к построению информационных систем связываются с определением всего комплекса задач: с подготовкой данных, структуризацией системы разрешающих уравнений, расчетным анализом корпусной конструкции и процессом ее фрагментарной оптимизации. При этом расчетная модель корпуса (глобальная система разрешающих уравнений) может не строиться целиком. Важнейшим ресурсом процесса служит мультипроцессорный сервер с установленным на нем специализированным программным средством — генератором граничных условий [9, 10]. Субъекты системы могут обращаться к нему с запросами на построение преобразованных расчетных схем (ПРС) фрагментов корпусной конструкции. В практическом плане речь идет о стратификации, обобщении глобальной разрешающей системы без ее совокупного перестроения. ПРС объединяет лишь ограниченное число узлов приведения, конкретизирует локальные граничные условия, обеспечивает кратчайшее взаимодействие выделенных

Таблица 1

Типовые преобразования расчетной схемы конструкции корпуса

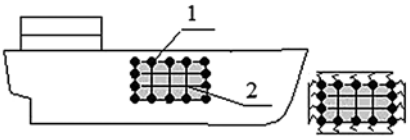


Рис.5. **Подструктура конструктивного узла с обобщенными граничными условиями:** *1* — контурные узлы; *2* — расчетные узлы модели

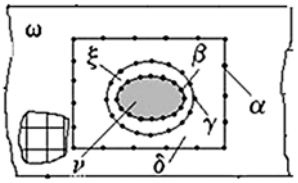


Рис. 6. **Расчетные области модели конструктивного узла**

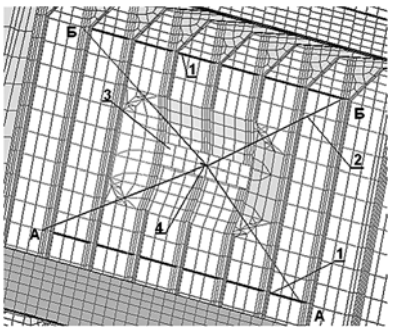


Рис. 7. **Анализируемый вариант экспресс- подкрепления корпуса транспортного рефрижератора (а. с.1088984 СССР, МКИВ63В9/04), получившего вмятину борта при выполнении швартовки в штормовых условиях:** *1* — элементы жесткого контура; *2* — подкрепляющие струны; *3* — накладной лист; *4* — подложка

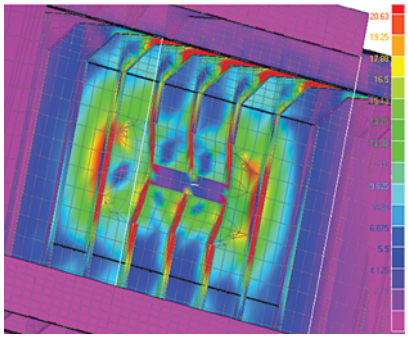


Рис. 8. **Картина распределения напряжений Мизеса в районе подкреплений поврежденного участка бортового перекрытия**

подструктур и процесс экономичного преобразования внешних нагрузок в реакции произвольно расположенных фрагментов корпуса. Целостность системного исследования при этом сохраняется [10]. Предлагаемый подход в корне меняет технологическую схему анализа (рис. 4), делает ее эффективнее по сравнению с традиционной схемой (см. рис. 2).

Методология построения подсистемы многовариантного инженерного анализа объединяет три базовых подхода.

Функциональный подход предполагает применение максимально эффективной структуризации глобальной модели корпуса. Она выполняется путем построения (генерации) конструкции корпуса, на основе которого применяются многочисленные прикладные методики расчетного анализа. Идея заключается в том, чтобы предварительно алгебраически уплотнить жесткости и нагрузки глобальной системы в отдельных (сохраняемых) узлах конечно-элементной сетки. Результатом уплотнения является передача свойств исключаемой части системы на сохраняемую ее часть [11]. В рамках ПРС объединяются узлы приведения различного функционального назначения (табл. 1, рис. 5—8).

Последние подразделяются на контурные и расчетные. Расчетные узлы назначаются в местах непосредственного контроля реакций корпуса, в местах приложения изменяющихся внешних сил. Контурные узлы окаймляют области, подвергаемые многоразовому расчету (вариантное конструирование, итерационный расчет с учетом нелинейной работы материала, расчет устойчивости, стохастический анализ и др.). В общем случае в конечно-элементной расчетной модели поврежденной корпусной конструкции выделятся следующие области (рис. 6):

- концентрации напряжений δ, внутри которой появляются пластические деформации, и в процессе расчета контролируется НДС, с границами α и γ;
- подкрепляющих или новых конструктивных элементов ξ;
- остальная часть конструкции ω, материал которой работает упруго,

и внутренняя область повреждений ν, имеющая границу β.

Расчет состоит в последовательном приведении матриц жесткости, соответствующих исключаемым точкам конечно-элементного разбиения областей ω, δ, и ξ, к контурным точкам, расположенным вдоль границ α и γ, с последующим исследованием напряженно-деформированного состояния области δ.

Матрицы жесткости указанных контурных точек определяются, соответственно, равенствами:

$$\begin{aligned} &\| C_\alpha^\omega \| = \| R_\alpha \| - \| R_{\alpha\omega} \| \\ &\| R_\omega \|^{-1} \| R_{\alpha\omega} \|^T; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\| C_\gamma^\xi \| = \| R_\gamma \| - \| R_{\gamma\xi} \| \\ &\| (R_\xi^\nu + C_\beta^\nu) \|^{-1} \| R_{\gamma\xi} \|^T; \end{aligned} \qquad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{при } &\| C_\beta^\nu \| = \| R_\beta \| - \| R_{\beta\nu} \| \\ &\| R_\nu \|^{-1} \| R_{\beta\nu} \|^T, \end{aligned}$$

где $\| C_\alpha^\omega \|$, $\| C_\gamma^\xi \|$, $\| C_\beta^\nu \|$ — матрицы жесткости областей ω, ξ и ν, приведенные, соответственно, к точкам границ α, γ и β; $\| R_\alpha \|$, $\| R_\gamma \|$, $\| R_\beta \|$ — матрицы жесткости точек исходного конечно-элементного разбиения, расположенных вдоль границ α, γ и β; $\| R_{\alpha\omega} \|$, $\| R_{\gamma\xi} \|$, $\| R_{\beta\nu} \|$ — матрицы взаимного влияния; $\| R_\omega \|$, $\| R_\xi \|$, $\| R_\nu \|$ — матрицы жесткости внутренних точек областей ω, ξ и ν без учета точек, расположенных вдоль границ α, γ и β; τ — признак транспонирования матрицы.

Приведение матриц жесткости к контурным точкам указанных границ сопровождается аналогичным приведением к ним и нагрузки, приложенной как к области ω (силы тяжести оборудования, жидкости и грузов), так и области повреждения и подкреплений ξ (к ним могут добавляться местные гидродинамические нагрузки, силы взаимодействия при соприкосновении с другими объектами и т. п.). Соответствующие нагрузки равны:

$$\{P_\alpha^\omega\} = -\| R_{\alpha\omega} \| \, \| R_\omega \|^{-1} \{P_\omega\};$$

$$\begin{aligned} &\{P_\gamma^\xi\} = -\| R_{\gamma\xi} \| \\ &\| (R_\xi + C_\beta^\nu) \|^{-1} \{(P_\xi + P_\beta^\nu)\}; \end{aligned} \qquad (2)$$

$$\{P_\beta^\nu\} = \{P_\beta\} - \| R_{\beta\nu} \| \, \| R_\nu \|^{-1} \{P_\nu\},$$

где $\{P_\alpha^\omega\}$, $\{P_\gamma^\xi\}$, $\{P_\beta^\nu\}$ — векторы нагрузки областей ω, ξ и ν, приведенные к точкам границ α, γ и β; $\{P_\omega\}$, $\{P_\xi\}$, $\{P_\nu\}$ — векторы нагрузки областей ω, ξ и ν, исключая точки границ α, γ и β; $\{P_\beta\}$ — вектор нагрузки, приложенной в точках границы β. Уравнение равновесия расчетной области, ограниченной контурами α и γ, имеет вид:

$$\| C_{\alpha\gamma} \| \{q_{\alpha\gamma}\} = \{P_{\alpha\gamma}\}, \qquad (3)$$

где $\| C_{\alpha\gamma} \|$ — матрица жесткости контурных и внутренних точек области δ; $\{q_{\alpha\gamma}\}$, $\{P_{\alpha\gamma}\}$ — векторы узловых перемещений и нагрузок контурных и внутренних точек области δ.

$$\| C_{\alpha\gamma} \| = \begin{Vmatrix} (C_\alpha^\omega + R_\alpha^\delta) & R_{\alpha\delta} & 0 \\ & R_\delta & R_{\delta\gamma} \\ \text{симметрично} & & (R_\gamma^\delta + C_\gamma^\xi) \end{Vmatrix}, \qquad (4)$$

где $\| R_{\alpha\delta} \|$, $\| R_\gamma^\delta \|$ — блок-матрицы жесткости области δ, расположенной вдоль границ α и γ; $\| R_{\alpha\delta} \|$, $\| R_{\delta\gamma} \|$ — матрицы взаимного влияния; $\| R_\delta \|$ — матрица жесткости внутренних (расчетных) точек области δ без учета точек границ α и γ;

$$\{q_{\alpha\gamma}\} = \{q_\alpha, q_\delta, q_\gamma\}^T, \qquad (5)$$

где $\{q_\alpha\}$, $\{q_\gamma\}$, $\{q_\delta\}$ — подвекторы узловых перемещений границ α и γ, а также области δ, соответственно;

$$\{P_{\alpha\gamma}\} = \{P_\alpha + P_\alpha^\omega, P_\delta, P_\gamma + P_\gamma^\xi\}^T, \qquad (6)$$

где $\{P_\alpha\}$, $\{P_\gamma\}$, $\{P_\delta\}$ — векторы нагрузки, приложенной к контурным точкам α и γ, а также к внутренним точкам области δ. Подвекторы, входящие в равенство (3), служат для определения деформаций областей ω и ξ:

$$\begin{aligned} &\{q_\omega\} = \| R_\omega \|^{-1} \{P_\omega\} - \| R_\omega^{-1} \| \\ &\| R_{\omega\alpha} \| \{q_\alpha\}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\{q_\xi\} = \| (R_\xi + C_\beta^\nu \|^{-1} \{(P_\xi + P_\beta^\nu)\} - \\ &- \| (R_\xi + C_\beta^\nu \|^{-1} \| R_{\xi\gamma} \| \{q_\gamma\}, \end{aligned} \qquad (7)$$

где $\{q_\omega\}$, $\{q_\xi\}$ — векторы узловых перемещений точек областей ω и ξ; $\{q_\xi\} = \{q_\gamma, q'_\xi, q_\beta\}$; $\{q'_\xi\}$, $\{q_\beta\}$ — подвекторы узловых перемещений области ξ и границы β. Деформация области повреждения ν определяются из выражения

$$\{q_\nu\} = \| R_\nu \|^{-1} \{P_\nu\} - \| R_\nu \|^{-1} \| R_{\nu\beta} \| \{q_\beta\}, \qquad (8)$$

где $\{q_\nu\}$ — вектор узловых перемещений поврежденной области.

Для корректировки решения в рамках областей δ и ν, выполняемой при развитии в них пластических деформаций, а также для определения их напряженного состояния, используются подвекторы $\{q_\delta\}$ и $\{q_\nu\}$.

Предложенная методика, реализуя принцип перехода в расчете от общего к частному, обеспечивает эффективное исследование НДС конструкции корпуса судна при износах, подкреплениях и модернизациях. С формируемыми подструктурами контурных узлов связываются уточненные граничные условия для локализованных областей, многочисленные методы их расчетного анализа, а также возможности параллельного обслуживания запросов инженеров (субъектов информационной системы) на формирование и анализ ПРС.

Подструктуры расчетных и контурных узлов обеспечивают специалистам представление о взаимосвязях конструктивных элементов в системе корпуса, о причинно-следственных влияниях одних элементов (особенностей) на другие. С их помощью достигаются стратификация (экономичность, простота описания, поскольку порядок ПРС оказывается намного меньше порядка исходной системы корпуса), комплексность и полнота анализа сложного объекта. Объединяя свойства контурных и расчетных узлов можно, к примеру, отобразить обобщенную деформационную картину поведения корпуса на его локализованные фрагменты, изучить реакции последних с необходимой степенью подробности. Возможны и обратные отображения локальных эффектов на реакции корпуса в целом.

На рис. 9 представлены графики зависимости $K = (t_{ПРС} + N\,t)/t_{МКЭ}$, где $t_{МКЭ}$ — время расчета с применением традиционной схемы МКЭ; $t_{ПРС}$ — время преобразования расчетной схемы; t — время расчетного анализа ПРС.

В первом приближении время расчета по выбранному варианту принято пропорциональнм числу вариантов расчета конструкции N. Вычислительная эффективность подхода к анализу корпуса судна иллюстрируется прямой *1*. Уровень *1* на интервале 0—0 на рис. 9 отражает отношение времени преобразова-

ния расчетной схемы $t_{ПРС}$ корпуса к однократному расчету конструкции МКЭ $t_{МКЭ}$. Он может несколько превышать время разового расчета конструкции МКЭ. Однако последующий анализ ПРС многократно компенсирует потери предварительного этапа вычислений. В приведенном примере точка *A* пересечения прямых *0* (характеризует время расчета по традиционной схеме МКЭ) и *1* указывает на то, что, уже начиная со второго расчетного варианта, построение ПРС обеспечивает временные преимущества, которые нарастают пропорционально количеству расчетных вариантов.

Объектно-ориентированный подход предусматривает разовое накопление и многократное использование промежуточной информации для последующего оперативного анализа произвольных компонентов (конструктивных модулей) системы корпуса [12]. Идея объектно-ориентированного подхода такова. Первоначально расчетная модель корпуса судна разбивается рядом поперечных сечений на отсеки (табл. 2, рис. 10). Затем выбирается генеральное направление расчета (например, от кормы судна к носовой оконечности). Запускается процедура исключения неизвестных. Жесткости и нагрузки первого отсека приводятся к контурным узлам сечения, находящимся на границе со вторым отсеком. Обобщенные матрицы контурных узлов отсека сохраняются во внешней памяти и припасовываются к аналогичным матрицам контурных узлов смежного отсека. Операции исключения продолжаются в рамках второго отсека и т. д. Аналогичные операции выполняются во встречном направлении. После их завершения у инженеров появляется возможность запрашивать расчет произвольного по расположению и размеру отсека корпуса, поскольку в базе данных для него находятся обобщенные граничные условия [10—13].

Для организации расчета достаточно состыковать матрицу отсека с соответствующими матрицами его граничных сечений и рассчитать локальную систему уравнений (табл. 2, рис. 11). Ее многократный пересчет с новыми параметрами не потребует переформирования и пересчета глобальной системы, поскольку в расчете используются ин-

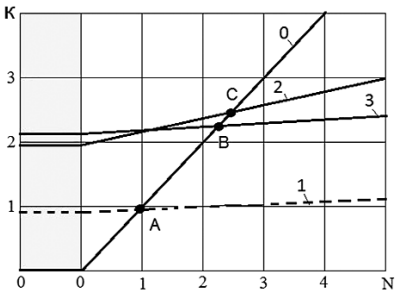


Рис. 9. **Зависимость относительного расчетного времени *K* от числа вариантов расчета задачи *N* при различных подходах к расчетному анализу (0 — многовариантный расчет по МКЭ; *1*, *2* и *3* — расчеты с применением базовых подходов *1*, *2* и *3* соответственно)**

вариантные граничные массивы коэффициентов, которые однократно заранее накоплены. Встречное преобразование расчетной схемы является эффективным средством распараллеливания вычислительных процессов, обеспечивающих расчетный анализ корпуса судна как сложной системы.

Таким образом, реализуется дедуктивный метод исследования конструкции корпуса, принцип перехода «от общего — к частному». База данных поперечных сечений глобальной модели корпуса, сформированная с учетом дефектовочных ведомостей и откорректированная по результатам ремонтных работ, становится информационным паспортом технического состояния (ИПТС) судна.

На рис. 9 вычислительная эффективность подхода иллюстрируется прямой *2*. Продолжительность накопления граничных условий (положение зависимости *2* на интервале 0—0) не превышает продолжительности 2-разового расчета конструкции по МКЭ (даже в случае использования одного процессора), поскольку операции обратного хода (расчета неизвестных всей системы) здесь не выполняются. Параллельный анализ вводимых подструктур многократно увеличивает достигаемые преимущества. Многократное обращение к базе промежуточных расчетных данных обеспечивает выигрыш во времени, пропорциональный числу вариантов и отношению порядка глобальной системы корпуса к порядку подсистемы рассчитываемого отсека.

Функционально-объектный подход к расчетному анализу представляет объединение (композицию) 1-го и 2-го подходов. При его применении накопленная промежуточная информация обеспечивает кратчайший переход и дальнейшую конкретизацию исследования произвольной подструктуры объекта с наибольшей эффективностью [10, 12, 13].

Подход требует проведения встречной локализации отсеков корпуса (накопления базы промежуточных данных с учетом результатов дефектации), а также дополнительного построения локальной ПРС. Поэтому продолжительность предварительного этапа расчетных ис-

Таблица 2

Преобразование расчетной схемы для оперативного расчетного анализа отсека корпуса произвольного расположения и размера

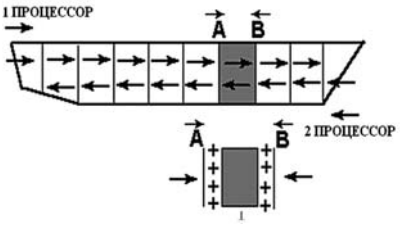


Рис. 10. **Расчет произвольного отсека с использованием граничных условий из базы данных, предварительно сформированной в результате применения ПРС и встречно ориентированного исключения неизвестных системы**

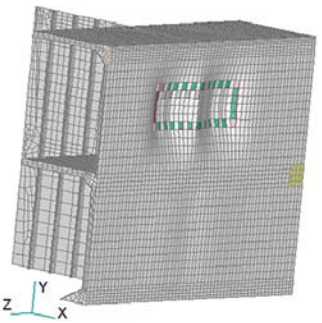


Рис. 11. **Локализованный отсек модели транспортного судна в районе узла соединения поперечной переборки с бортом транспортного судна (а. с. 943073 СССР, МКИВ63В3/24), показан характер деформирования бортового перекрытия от кранцевой защиты**

Таблица 3

Интерфейс «луча фонаря» для комплексного исследования прочности фрагментов судового корпуса

Рис. 12. **Картина коррозионных повреждений обшивки корпуса транспортного судна**

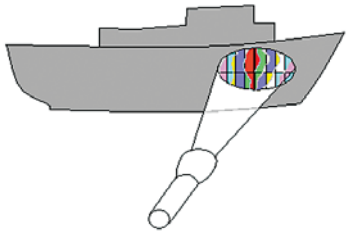
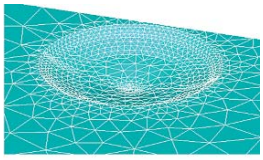


Рис. 13. **Интерфейс «луч фонаря» для выбора расчетной области модели конструкции**

а)



б)

Рис. 14. **Расчетная модель (*а*) области коррозионной язвины, построенная на основе профилограммы (*б*, предоставлена В. П. Прохничем) поврежденной поверхности обшивки корпуса**

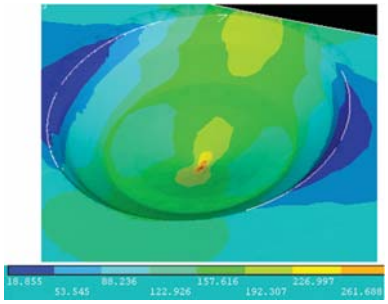


Рис. 15. **Концентрации напряжений в области язвенного коррозионного повреждения обшивки, попавшего в область «луча»**

следований (зависимость *3* на рис. 9) может, по сравнению с предыдущим расчетным подходом, несколько возрасти. Однако последующий многовариантный анализ фрагмента системы в значительной мере компенсирует временные потери, поскольку локализованный вычислительный процесс осуществляется здесь с наибольшей эффективностью. Распараллеливание матричных операций, реализуемых в рамках математической модели редукции системы, близость границ ПРС (базовых граничных условий) для локализованных фрагментов модели корпуса позволяют реализовать интерфейс «луча фонаря» (табл. 3, рис. 12—15).

Речь идет о программной визуализации светового пятна, управляемого при помощи манипулятора и ограничивающего запрашиваемые расчетные области конструкции. Последние автоматически интерпретируются в качестве локальной ПРС, в рамках которой анализируются характеристики НДС, оценивается влияние конструктивных изменений (подкреплений), пластического деформирования материала, оценивается устойчивость конструкции и т. д. Причем анализ выполняется с учетом характеристик фактического технического состояния (остаточных толщин, повреждений). Глобальная система корпуса при этом не пересчитывается. В табл. 4 приводится сравнительный анализ экономии расчетного времени, достигаемой в результате структурирования глобальной системы МКЭ судового корпуса.

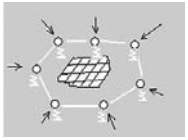
Новые информационные средства эффективно поддерживают циклично-итерационные информационные процессы преобразования потоков данных в информацию и новые знания, формируются как подсистемы управления знаниями, функционируют по принципу самосовершенствования (самообучения) (см. рис. 1).

Цикличность информационных процессов в системах рассматриваемого типа необходима для поиска, воспроизводства, комбинирования и сохранения информации, формулирования (формализации) новых знаний, для разработки новых проектов и технологий ТОР, их внедрения, распределения знаний и обучения персонала, анализа новых потребностей, т.е. для организации циклов управления знаниями. Расчетные итерации нужны для уточнения и оптимизации конкретных инженерных решений (организации петель обратной связи).

Расчетный анализ объектов сопровождается выявлением новых знаний, совершенствованием новой базы, выработкой рекомендации по проектированию новых объектов, формулированием идей и постановкой задач, требующих эффективного решения. При этом эффективность анализа рассматривается в научно-методическом, информационно-технологическом, экономическом (логистическом) и организационно-технологическом аспектах. В проекте новой информационной системы (процесса) высокая эффективность, экономия используемых финансовых, административных и материальных ресурсов, мобилизуемых для выполнения инженерного анализа корпусных конструкций с учетом их фактического состояния, достигается за счет накопления (совершенствования) ее концептуального ресурса. В целях дальнейшего развития

Таблица 4

Экономия расчетного времени вариантного анализа конструкции корпуса в сравнении с традиционным МКЭ

Характер структурных преобразований расчетной схемы	Экономия расчетного времени (в сравнении с традиционной схемой МКЭ*)
ПРС 1 с контурными узлами приведения 	$Э = a\,(N - 1)\,T_o$, где T_o — время однократного расчета системы по МКЭ; a — отношение времени преобразований (равно времени исключения неизвестных внешней области) ко времени однократного расчета системы в целом; N — количество вариантов расчета
ПРС 2 с контурными узлами, назначенными в ряде поперечных сечений модели корпусной конструкции	$Э = P(1 - b) - 2]\,T_o$, где P — количество вариантов расчета корпусных модулей (отсеков); b — отношение длины корпусного модуля к длине корпуса; $Э > 0$ при $P > 2/(1 - b)$
Комбинация ПРС 1 и 2	$Э = T_oP - aT_o + 2(1 - a)\,T_o + b(1 - a)\,T_oP$, $Э > 0$ при $P > [a + 2(1 - a)]/[1 - b(1 - a)]$

*Предполагается, что общее время расчета пропорционально порядку решаемой системы уравнений.

предлагаемой информационной системы необходимо совершенствовать методологию, создавать высокоэффективные средства анализа и оптимизации конструкций на базе представлений о корпусе судна как о большой открытой системе с вероятностными характеристиками. Важно продолжить совершенствование моделей корпусных конструкций и внешней среды, создать эффективные мультипоточные средства многовариантного анализа для обоснования новых проектно- конструкторских решений и на этой основе обеспечить динамичные компьютерные отображения поведения конструкции (ее реакций на воздействия внешней среды) в реальном режиме времени.

Необходимо совершенствовать инструменты для коллективной работы, генерирующие потоки данных, содействующие конкретизации связей между объектами, процессами и явлениями в рассматриваемой предметной области, т. е. их трансформации в новые знания. Не менее важная часть работы должна быть связана с разработкой и внедрением технологий поддержки принятия решений по ТОР с выявлением (воспроизводством), формализацией и классификацией новых знаний, с их распространением и обучением персонала. Информационные системы нового поколения — сложные самосовершенствующиеся системы с эффективным оптимизационным процессом, а также с цикличным процессом опережающего воспроизводства знаний об объектах исследования.

Так, результаты анализа (оптимизации) в них пополняют базу обоснованных решений (блок *11*, рис. 16), накапливаются и служат материалом последующих разработок. База анализируется с целью поиска (выявления) новых знаний (блок *12*). Последние, наряду с результатами творческих дискуссий и научных разработок, пополняют базу знаний (доступных формулировок новых знаний и правил, блок *1*). Рациональна также поддержка в системе базы перспективных идей, требующих обоснования и реализации (блок *2*).

В рамках системы обеспечивается эффективное взаимодействие участников информационного процесса, формирование коммуникационного пространства, активизирующего их мыслительную деятельность, пространства, в котором формализованная методология уже не играет решающей роли, но служит необходимым инструментом обоснования новых технических (в том числе экономических) решений по ТОР. Подобная организация работы специалистов призвана устранить фундаментальное противоречие между логистическими (рыночными) требованиями к организации и управлению ТОР морской техники и требованиями к ее безопасности и надежности функционирования. Особенно остро указанное противоречие проявляется в практике эксплуатации рыболовных судов, корпуса которых получают значительные эксплуатационные износы и повреждения. Поэтому автоматизированные информационные подсистемы, построенные на основе изложенных принципов, могут оказаться эффективными при организации службы экстренной помощи судам, терпящим бедствие, при экспертизе аварийных ситуаций, а также в управлении жизненным циклом изделий судостроения в составе комплекса технологий информационной поддержки CALS — Continuous Acquisition and Lifecycle Support.

Рис. 16. **Функционально-технологическая схема CAE-комплекса с элементами управления знаниями**

Литература

1. *Кузнецов С. Е.* Автоматизированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтом судовых технических средств. СПб.: Изд. ГМА им. Макарова, 2006.
2. *Архангородский А. Г., Розендент Б. Я., Семенов Л. Н.* Прочность и ремонт корпусов промысловых судов. Л.: Судостроение, 1982.
3. *Шимкович Д. Г.* Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. М.: ДМК Пресс, 2001.
4. *Каплун А. Б. и др.* ANSYS в руках инженера. М.: УРСС, 2003.
5. *Зенкевич О. К.* Метод конечных элементов в технике/О. К. Зенкевич. М.: Мир, 1975
6. *Постнов В. А., Хархурим И. Я.* Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1974.
7. *Постнов В. А. и др.* Метод суперэлементов в расчетах инженерных сооружений. Л.: Судостроение, 1979.
8. *Сапожников А. И.* Метод контурных и расчетных точек при расчетах соединений//Строительная механика и расчет сооружений. 1980. № 5.
9. *Сутырин В. И.* Возможности повышения эффективности метода конечных элементов при проектировании корпусных конструкций//Судостроение. 2003. № 6.
10. *Сутырин В. И.* Концепция подсистемы инженерного анализа САПР судового корпуса//Судостроение. 2005. № 3.
11. *Сапожников А. И., Сутырин В. И.* Расчет прочности подкрепляемых корпусных конструкций//Судоремонт флота рыбной промышленности. 1986. № 60.
12. *Сутырин В. И.* Численные методы решения прочностных задач судоремонта//Судостроение. 1988. № 11.
13. *Сутырин В. И.* Методология конечно-элементного анализа корпусных конструкций при их проектировании//В сб. трудов НГТУ им. Р. Е. Алексеева «Проблемы кораблестроения и океанотехники». 2010. № 2.

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА СУДАХ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА ЗАО «АКМП»

В. О. Османов, Г. Г. Дроботов (ЗАО «АКМП»), **А. Г. Амиров,** e-mail: avaz.amirov @ mail.ru (ООО «РМРС в Азербайджане»), **М. И. Османов** (ЗАО «АКМП»)

УДК 62.004.58:629.5

Современный уровень технического обслуживания машин и механизмов предполагает использование средств технической диагностики, обеспечивающих систематический контроль за состоянием оборудования в процессе эксплуатации, что, в свою очередь, дает возможность организовать ремонт с учётом фактического технического состояния.

В настоящее время широко применяется безразборная техническая диагностика, которая внедряется во всех судоходных компаниях мира, в том числе и в Азербайджанском Каспийском морском пароходстве (АКМП).

Мировой практикой уже доказано, что использование средств безразборной технической диагностики является не только оправданным, но и экономически выгодным методом, так как заводская предремонтная дефектация на судоремонтном заводе занимает практически 75—80% ремонтного времени.

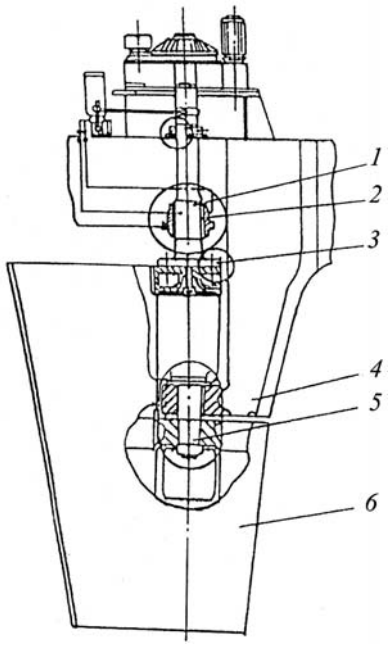


Рис. 1. **Схема рулевого устройства судов пр. 0379:**
1 — подшипник баллера; *2* — облицовка подшипника; *3* — соединительный фланец; *4* — кронштейн; *5* — штырь кронштейна; *6* — перо руля

Цель предремонтной дефектации судов — повышение достоверности оценок технического состояния, а следовательно, сокращение времени, средств и повышение качества ремонта. И здесь преимущество отводится безразборной технической диагностике, благодаря которой отпадает необходимость в разборке многих узлов, а значит, снижаются расходы на разборку и ремонт.

Безразборное определение технического состояния механизма средствами диагностирования и неразрушающего контроля позволяет сократить трудозатраты, благодаря возможности перенесения сроков проведения очередного технического обслуживания по сравнению с регламентным, или осуществить предъявление судовых технических средств инспекции Регистра[1] в объёме очередного освидетельствования без разборки, поэтапно.

Особая роль безразборной технической диагностике отводится при продлении сроков очередного освидетельствования судна или его отдельных объектов Регистром. Такими объектами являются, например, рулевое устройство (РУ) с электрогидравлическими приводами и валопроводы.

РУ — важная часть судна, от надежности эксплуатации которой во многом зависит безопасность мореплавания. Техническое состояние РУ, как и всех судовых механизмов, контролируется в соответствии с требованиями Регистра во время очередного освидетельствования путем разборки, осмотров и замеров контрольных параметров. При осмотре замеряются зазоры в подшипниках баллера, а также между штырями и петлями и его просадки.

Исследования, проведённые рядом научно-исследовательских организаций показали, что надежность РУ фактически лимитируется лишь некоторыми величинами, а остальные параметры во всех случаях лежат в допустимых пределах и разборка РУ для определения не требуется [1].

Анализ актов дефектации РУ, одобренных Регистром и составленных при ремонте судов пр. 1677М на судоремонтном заводе «Закфедерации» и судов пр. 0379 (паромов типа «Дагестан») на судоремонтном заводе им. Парижской коммуны показал, что из всего многообразия параметров надежность работы РУ определяется следующими из них: величина основного зазора в нижнем подшипнике баллера и размер зазоров в штырь-втулке (рис. 1).

Безразборная техническая диагностика позволяет также исклю-

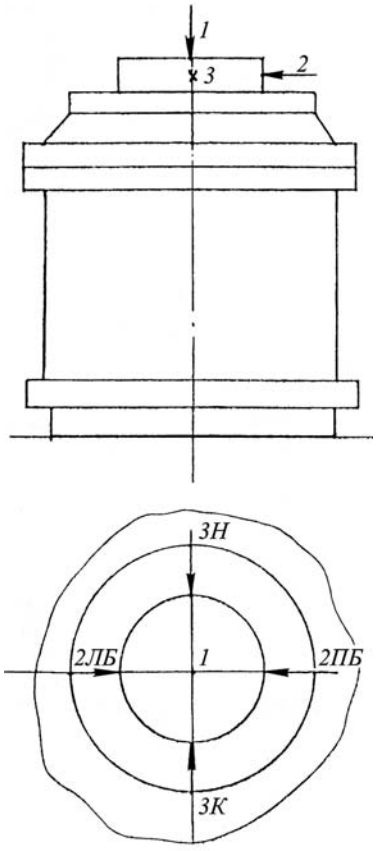


Рис. 2. **Схема замера виброускорения на верхней части баллера в трех направлениях:**
1 — вертикальное; *2* — боковое траверзное; *3* — продольное

[1]Имеется в виду Российский морской регистр судоходства. — *Прим. ред.*

Результаты измерений виброускорений (м/с^2) баллера руля на транспортных судах и определение технического состояния РУ

Судно	Точки измерений	Левый борт (ЛБ)	Правый борт (ПБ)	Техническое состояние
Теплоход «Гахраман Асадов» (танкер)	1	4,03	2,89	Установлена III категория. Техническое состояние РУ неудовлетворительное, и требуется техническое обслуживание (ТО) или заводской ремонт. Подшипники баллера руля и штырь-втулка работают в зоне предельно допустимого износа. Имеется проседание баллера руля (особенно ЛБ). Требуется разборка РУ в ходе заводского ремонта
	2	5,66	2,26	
	3	3,39	3,18	
Теплоход «Генерал Салимов» (танкер)	1	1,75	1,36	Установлена II категория. Техническое состояние РУ (предельное) удовлетворительное и требуется ТО. Имеются износы в подшипнике штырь-втулки и незначительные износы в верхнем и нижнем подшипниках баллера (особенно баллера ЛБ). Требуется осмотр РУ при заводском ремонте
	2	1,67	1,55	
	3	1,63	1,36	
Теплоход «Самед Вургун» (танкер)	1	0,92	0,95	Установлена I категория. Техническое состояние РУ хорошее. Ремонтные работы не назначаются. РУ предъявлено Регистру без разборки в действии
	2	0,95	0,95	
	3	0,90	0,95	
Теплоход «Дагестан» (паром)	1	0,51	0,85	Установлена I категория. Техническое состояние РУ в целом хорошее. Ремонтные работы не назначаются. РУ предъявлено Регистру без разборки в действии. Виброускорения на ПБ в продольном направлении незначительно больше (точка 3 — 1,53 м/с^2), чем допустимо (1,2 м/с^2) для I категории. Средняя величина виброускорения на правом баллере составляет 1,176 м/с^2, что допустимо для нормальной работы РУ в эксплуатации и соответствует I категории
	2	1,10	1,15	
	3	1,20	1,53	
Теплоход «Меркурий-1» (паром)	1	1,3	1,21	Установлена II категория. Техническое состояние РУ (предельное) удовлетворительное и требуется ТО. Имеются незначительные износы подшипников баллера и штырь-втулок обоих баллеров. Требуется осмотр подшипников и смена смазочного масла в системе РУ. (Опыт эксплуатации РУ показал, что качество смазочного масла сильно влияет на работу рулевых устройств.)
	2	1,72	1,77	
	3	1,76	1,75	
Теплоход «Академик М. Топчубашев» (паром)	1	0,666	0,588	Установлена I категория. Техническое состояние РУ в целом хорошее. Ремонтные работы не назначаются. РУ предъявлено Регистру без разборки в действии. Виброускорения на ПБ незначительно больше (1,38 м/с^2), чем допустимые 1,2 м/с^2 для I категории. Средняя величина виброускорения на правом баллере составляет 1,03 м/с^2, что допустимо для нормальной работы РУ в эксплуатации и соответствует I категории
	2	1,03	1,12	
	3	1,14	1,38	

чить отдельные виды работ из ремонтной ведомости судна. Например, довольно часто в этом случае из ремонтных ведомостей исключаются работы по ремонту редукторов, рулевых устройств, валопроводов, грузовых насосов, подруливающих устройств и других механизмов судов различных проектов.

В настоящее время на транспортных судах АКМП также применяется безразборная диагностика с использованием современных диагностических приборов, таких как:

Т1-14 (Япония) — ультразвуковой толщиномер;

«Тестер 77 Д11» (Россия) — определение технического состояния подшипников качения;

VIB-10 (Австрия) — контроль вибрации;

ВУ-043 «Янтарь» (Россия) — универсальный прибор — измерение виброскорости, виброускорения, вибросмещения;

«Термопоинт 40» (США) — определение температур в доступных местах.

С помощью этих приборов проводятся следующие работы:

✓ виброакустический анализ машин и механизмов;

✓ ультразвуковое определение толщин конструкции;

✓ оценка состояния технических средств (ТС) с помощью методов технической диагностики и неразрушающего контроля;

✓ анализ причин аварий ТС и выдача заключений и рекомендаций;

✓ торсиографирование валопроводов;

✓ измерение температурного режима любого механизма при его эксплуатации.

При определении технического состояния ТС измеряются следующие параметры:

- ударные импульсы подшипников качения всех механизмов в доступных местах (износ подшипников и состояние смазки);
- вибрация (виброскорость, виброускорение, вибросмещение);
- температурный режим всех механизмов и оборудования;
- толщина корпусной конструкции, трубопроводов судна и ТС;
- величина сопротивления изоляции между токоведущими частями электрооборудования и корпусом.

Увеличение их значений выше допустимых пределов при эксплуатации судов типа «Дагестан» приводит к изменению остальных параметров и соответственно к ухудшению технического состояния всего РУ, вплоть до отказа.

В настоящее время техническое состояние рулевых электрогидравлических машин транспортных судов оценивается согласно требованиям Регистра по следующим критериям:

1) качество масла в системе;

2) время перекладки руля одной и двумя машинами;

3) давление масла в гидросистеме;

4) потребляемый ток электродвигателями, насосным агрегатом;

5) техническое состояние насосов и электродвигателей, определяемое диагностическими приборами путем измерения вибрации;

6) максимальная амплитуда ударных импульсов и температурный режим;

7) наличие продуктов износа в масле при анализе.

Установлено, что комплексной величиной, отражающей изменение величины зазоров в соединениях штырь-втулки и в опорном подшипнике баллера, является угловое ускорение W [2]. Его можно определить по величине виброускорения верхней части баллера $W_б$, зависящего дополнительно от частоты собственных колебаний пера руля (рис. 2).

Вибрация баллера характеризуется тремя связанными между со-

бой колебательными величинами [3, 4]: смещением S (мм), вибрационной скоростью V (мм/с) и вибрационным ускорением W (м/с^2):

$$S = \frac{V}{2\pi f} = \frac{W \cdot 10^3}{(2\pi f)^2};$$

$$V = 2\pi f S = \frac{W \cdot 10^3}{2\pi f};$$

$$W = \frac{2\pi f V}{10^3},$$

где f — частота колебаний, с$^{-1}$.

Согласно требованиям Регистра контроль всех параметров осуществляется на полном переднем ходу судна при номинальной частоте вращения гребного вала и спецификационной осадке судна в балласте или в грузу при волнении моря не более 3 баллов [6].

Места измерения (точки) вибрации (см. рис. 2) на баллере должны быть зачищены от краски. Измерение виброускорения баллера выполняется в трёх взаимно перпендикулярных направлениях [1, 3, 4]: вертикальном, боковом траверзном, продольном.

Нормы вибрации баллера, одобренные Регистром, соответствуют трём категориям технического состояния опор баллера [3, 4]:

— для I категории технического состояния виброускорения не должны превышать 1,2 м/с^2;

— для II категории — находиться в пределах 1,2—2,0 м/с^2;

— для III категории — быть больше 2,0 м/с^2.

Изменение виброускорения баллера руля свидетельствует об изменении величины зазоров в соединении штырь-втулки и в опорном подшипнике баллера.

Измерения проводились на транспортных судах пр. 1677М — танкерах типа «Г. Шихлинский», пр. 0379 — паромах типа «Дагестан», а также на других судах в рейсе, после чего были составлены дефектационные акты, согласованные с Регистром (таблица).

С целью установления порядка определения технического состояния РУ судов транспортного флота в эксплуатации путем применения безразборной технической диагностики была разработана методика и выпущен одобренный Регистром стандарт предприятия [5, 6].

Заключение. Повышение надежности рулевого устройства с использованием метода безразборного технического диагностического контроля позволяет сократить время нахождения судов на заводском ремонте, особенно при доковом ремонте, и соответственно увеличить продолжительность годового эксплуатационного периода судов транспортного флота.

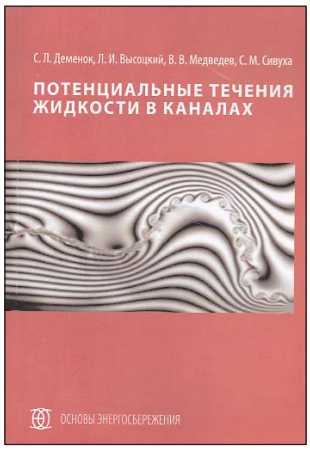
Литература

1. *Османов В. О., Велиев Р. А.* Определение технического состояния рулевого устройства судов проекта 1677М в эксплуатации методом безразборной диагностики//Научные труды А.Г.М.А. 2004. № 2. Баку: «ТИМЕДИА».
2. *Похолко В. В.* Автореф. дисс. на соиск. ст. канд. техн. наук. Одесса: ОИИМФ, 1980.
3. РД 31.20.50.87. Комплексная система обслуживания и ремонт судов. Основные руководства. В/О «Мортехинформреклама», 1988.
4. *Блинов Э. К., Розенберг Г. Ш.* Техническое обслуживание и ремонт судов по состоянию. Справочник. СПб.: Судостроение, 1992.
5. СТП 442.058—02. Безразборная диагностика технического состояния судовых рулевых устройств в эксплуатации.
6. Правила классификации и постройки морских судов. СПб., 2013.

НОВЫЕ КНИГИ

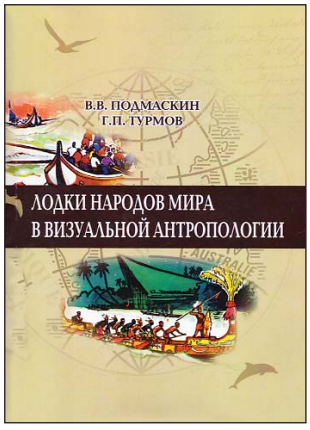
Технология очистки и окраски корпусов судов. Васильев А. А., Левшаков В. М., Маслова Н. П., Морозов С. В. — СПб.: АО «ЦТСС», 2015. (270 с.). ISBN 978-5-902241-29-4

В книге, снабженной многочисленными иллюстрациями и обширным табличным материалом, рассмотрено современное технологическое оборудование отечественного и иностранного производства, рекомендуемое для применения в судостроении и судоремонте. Приведена методика расчета пропускной способности и определения основных характеристик камер очистки и окраски корпусных конструкций. Книга рассчитана на инженерно-технических работников верфей и может служить учебным пособием для студентов вузов и колледжей.



Потенциальные течения жидкости в каналах. Деменок С. Л., Высоцкий Л. И., Медведев В. В., Сивуха С. М. — СПб.: Страта,2015. (106 с.). ISBN 978-5-906150-22-6

В монографии рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и применением моделей потенциальных течений в каналах теплообменных и технологических устройств и аппаратов. Изложены основы методов визуализации потенциальных течений с помощью прибора Хил-Шоу и использования оптически активных жидкостей. Приведены фотографии картин течения. Книга предназначена для специалистов, занимающихся решением теоретических и прикладных задач по гидродинамике, тепло- и массообмену.



Лодки народов мира в визуальной антропологии. Подмаскин В. В., Турмов Г. П. Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН. — Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2014. (304 с.). ISBN 978-5-7444-3082-5

В книге содержатся многочисленные иллюстрации, в основном копии почтовых открыток с изображениями плотов, катамаранов и лодок, используемых многими народами мира в повседневной жизни. Эти материалы могут быть источником визуальной антропологии, т. е. изучения человека на основе подобной информации. Книга состоит из двух частей. В первой части, предваряемой кратким экскурсом в историю почтовой открытки и развития лодок как средства перемещения по воде, представлены лодки на почтовых открытках Евразии, Африки, Америки, Австралии и Океании, частично сопровождаемые авторскими комментариями. Вторая часть — терминологический словарь, поясняющий, что такое «астраханка», «байда», «кунгас» и т. д. Книга может быть интересна не только специалистам в области визуальной антропологии, но и судостроителям.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

СУДНО НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ «СОРМОВИЧ»

(К 50-летию со дня выхода на ходовые испытания)

10 октября 2015 г. исполнилось 50 лет со дня первого выхода на ходовые испытания пассажирского судна на воздушной подушке «Сормович».

Судно на воздушной подушке «Сормович» на ходу

Судно строилось в развитие темы ОК и НИР — создание амфибийных речных судов на воздушной подушке — под руководством главного конструктора завода «Красное Сормово» А. Л. Животовского. Главным конструктором проекта судна «Сормович» стал В. Р. Шенберг. В проектировании непосредственное участие принимали конструкторы А. И. Захарова (корпусной отдел); П. Б. Френкель (электротехнический) Л. В. Шкилькова (судовых механизмов), Ю. С. Наумова (судовых систем); и А. С. Гусарова (механическое бюро).

Главными специалистами были: по механической части — Л. Я. Барышев, по аэродинамике — Ю. А. Лобашов и по испытаниям — М. Г. Хаймович. От Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) проект вел В. И. Ханжонков.

Технические данные судна с гибким ограждением воздушной подушки «Сормович» были следующими: длина 29,5 м, ширина 11,4 м, высота в районе стабилизатора 7,8 м, водоизмещение 36,8 т, пассажировместимость 50 чел.

Главным двигателем служила авиационная турбина АИ-20К мощностью 2300 л. с. Два воздушных винта АВ-4 имели диаметр 2,6 м и мощность приводов по 650 л. с. Осевой вентилятор В-51 диаметром 3,4 м имел мощность привода 1000 л. с.

Высота гибкого ограждения воздушной подушки составляла 1,2 м, что обеспечивало мореходность при высоте волны 1,2 м. Скорость хода доходила до 100 км/ч. Экипаж состоял из 2 чел.

Заметим, что в 1965 г. судно было построено с сопловой схемой создания воздушной подушки, но уже в 1968 г. оно было снабжено гибким ограждением воздушной подушки.

Испытания «Сормовича» проводили капитан М. А. Семенов и автор этих строк механик В. Г. Савиновский. 30 декабря 1970 г. судно на воздушной подушке «Сормович» было сдано в опытную эксплуатацию Волжскому речному пароходству. Кроме опытной эксплуатации в 1971—1972 гг. на линии Горький (ныне Нижний Новгород)—Чебоксары, судно испытывалось в зимних условиях в 1973 г. в затоне 40 лет Октября. Эти испытания подтвердили возможность его эксплуатации и в зимнее время.

В память о главном конструкторе в апреле 2013 г. танкеру, построенному на заводе «Красное Сормово», присвоено наименование «Конструктор Животовский».

Пассажиры в салоне судна «Сормович»

В. Г. Савиновский,
механик-испытатель судов
на воздушной подушке

«НЕВА 2015»: 1991 – 2015 25 лет успеха!

Организаторы выставки «НЕВА 2015», состоявшейся 22—25 сентября в Санкт-Петербурге: ЗАО «Транстех Нева Эксибишнс» (Россия), East West Exhibition Management Ltd/Dolphin Exhibitions Ltd (Великобритания). Устроители выставки: ООО «ЭкспоФорум Интернэшнл», ЗАО «Транстех Нева Эксибишнс».

13-я Международная выставка и конференция по гражданскому судостроению, судоходству, развитию портов, внутренних водных путей, освоению океана и шельфа «НЕВА» в этом году отметила свое 25-летие. Впервые прошедшая в 1991 г. при поддержке Минсудпрома и Минморфлота СССР, она теперь стала одной из ведущих морских выставок в мире. На этот раз «НЕВА 2015» впервые прошла в новом конгрессно-выставочном центре «ЭКСПОФОРУМ», вступившем в строй 7 октября 2014 г. невдалеке от международного аэропорта Пулково.

Компании 35 стран представили свою продукцию на выставке «НЕВА 2015» в новом конгрессно-выставочном центре «ЭКСПОФОРУМ»

Международную выставку «НЕВА 2015» открывает губернатор Санкт-Петербурга Г. С. Полтавченко

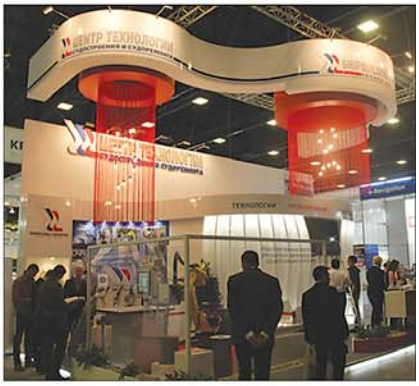
Подъем флага на ледоколе «Владивосток» (www.vyborgshipyard.ru)

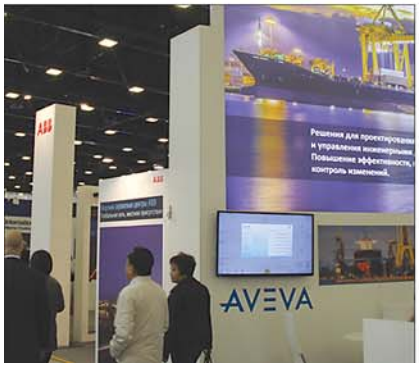
Контракты на постройку двух серийных танкеров пр. RST27 подписывают (слева—направо) генеральный директор ПАО «ГТЛК» С. Н. Храмагин, председатель Совета директоров ООО «БФ Танкер» С. Б. Чаплыгин и генеральный директор ОАО «Завод «Красное Сормово» Н. С. Жарков

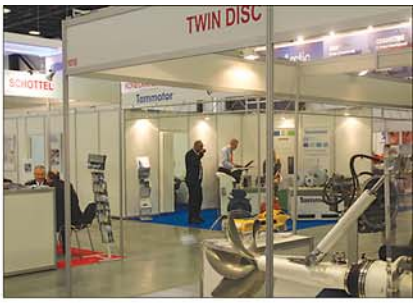
Дружеское рукопожатие С. Б. Чаплыгина с исполнительным директором ОАО «Окская судоверфь» Д. Е. Самсиковым после подписания контрактов на постройку двух танкеров пр. RST27 и трех танкеров-площадок пр. RST54

НЕВА 2015

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ, 22-25 СЕНТЯБРЯ 2015



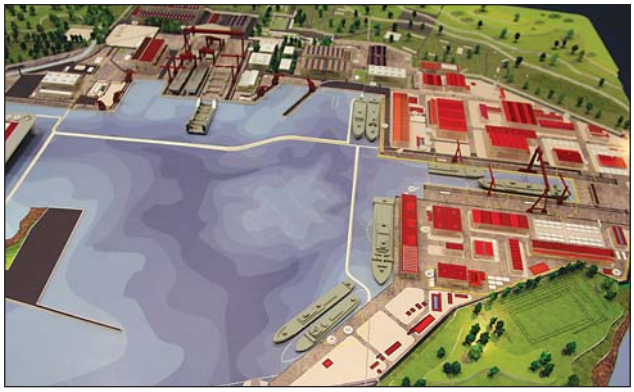




NEVA 2015

ST PETERSBURG, RUSSIA, 22-25 SEPTEMBER 2015

Роботизированный комплекс для лазерной сварки изделий судового машиностроения на стенде АО «ЦТСС»



Макет Судостроительного комплекса «Звезда» на стенде ОАО «ДЦСС»

В Организационный комитет выставки входили Морская коллегия при Правительстве РФ, Минтранс, Минпромторг, МИД России, Правительство и Морской совет при Правительстве Санкт-Петербурга, «Росморречфлот», Федеральное агентство по рыболовству, Администрация Северного морского пути, Российская палата судоходства, Ассоциация морских торговых портов, Союз производителей нефтегазового оборудования, Объединённая судостроительная корпорация, Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и другие организации и предприятия — лидеры морского бизнеса.

Несмотря на санкции и кризисные явления в экономике, в выставке «НЕВА 2015» приняли участие более 500 фирм и предприятий из 35 стран, включая: Россию, Украину, Австрию, Бельгию, Китай, Хорватию, Кипр, Чешскую Республику, Данию, Финляндию, Францию, Германию, Грецию, Иран, Италию, Южную Корею, Латвию, Эстонию, Литву, Молдавию, Голландию, Норвегию, Великобританию, Польшу, Швецию, Швейцарию, Испанию, Турцию, Великобританию, США, Японию. Свою продукцию и производственные возможности в 2015 г. впервые на этой выставке продемонстрировали компании из Казахстана, Белоруссии, Филиппин, Объединённых Арабских Эмиратов.

Широко были представлены отечественные судостроительные и судоремонтные предприятия и организации, базирующиеся практически во всех регионах страны — от Калининграда до Владивостока и от Северодвинска до Севастополя. На выставке также было уделено большое внимание модернизации отечественных судостроительных и судоремонтных предприятий, внедрению современных технологий, строительству новых верфей. Так, на стенде АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (АО «ЦТСС») демонстрировался макет перевооружения и реконструкции судостроительных производств на примере ОАО СЗ «Северная верфь» в Петербурге, а одним из главных экспонатов ОАО «Дальневосточный центр судостроения и судоремонта» (ОАО «ДЦСС») стал макет строящегося Судостроительного комплекса «Звезда» в Большом Камне. И это не случайно. Руководство страны уделяет большое внимание развитию судостроительной отрасли. В перечне поручений Президента России по итогам Восточного экономического форума, состоявшегося 4 сентября 2015 г., значится: «Рекомендовать открытому акционерному обществу «РОСНЕФТЕГАЗ» инвестировать 60 млрд рублей в закрытое акционерное общество «Современные технологии судостроения» с целью финансирования строительства Судостроительного комплекса «Звезда». Ответственный Сечин Игорь Иванович. Срок исполнения 1 декабря 2015 года».

Программа конференций и семинаров на выставке «НЕВА 2015» включала в себя такие темы как «Оборудование и программное обеспечение для геофизических и гидрографических исследований морского дна», «Информационное моделирование в судостроении», «Инновационные сварочные технологии в судостроении, производстве морской техники и строительстве береговых объектов», «Компьютерное моделирование виброакустики в судостроении», «Оптимизация конструкции на основе виброакустического анализа», «Современные технологии размерного контроля в судостроении и судоремонте», «Пути развития рыболовного флота Российской Федерации: импортозамещение и строительство рыбопромысловых и научно-исследовательских судов нового поколения для рыбохозяйственных и океанографических исследований в России в условиях антироссийских санкций» и др.

В рамках деловой программы выставки 23 сентября состоялась официальная церемония поднятия флага на новейшем ледоколе «Владивосток» пр. 21900, построенном ОАО «Выборгский судостроительный завод» для ФГУП «Росморпорт». В этот же день на стенде АО «Объединенная судостроительная корпорация» состоялось подписание новых судостроительных контрактов: компания ООО «БФ Танкер» разместила заказы на семь грузовых судов: два нефтеналивных танкера смешанного «река—море» плавания пр. RST27 построит ОАО «Завод «Красное Сормово», а ОАО «Окская судоверфь» — еще два таких же танкера и три танкера-площадки пр. RST54. Лизингодателем выступила ПАО «Государственная транспортная лизинговая компания» (ПАО «ГТЛК»). Классификационные проекты танкеров разработаны Морским Инженерным Бюро (Одесса). Поставка судов заказчику должна начаться весной 2016 г.

Выставка «НЕВА 2015» продемонстрировала высокий международный интерес к развивающемуся морскому рынку России, в частности, к арктическим и шельфовым проектам, а также готовность судостроителей страны к реализации новых проектов судов и морских сооружений. Следующая международная выставка «НЕВА» состоится в сентябре 2017 г.

А. Н. Хаустов

ЦНИИ СЭТ – ПОЛВЕКА РАЗВИТИЯ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

В этом году Центральному научно-исследовательскому институту судовой электротехники и технологии (ЦНИИ СЭТ) исполняется 50 лет. Исторический путь создания ЦНИИ СЭТ был достаточно долгим. Предпосылки к созданию специализированного научно-исследовательского института, обеспечивающего строительство кораблей по электротехнической части, возникли ещё в 50-е годы прошлого века, когда стало очевидным, что электроэнергетическая система корабля становится всё более сложной и мощной. Ещё одним фактором для создания ЦНИИ СЭТ стало внедрение на флоте СССР атомных энергетических установок, появление радиоэлектронных систем вооружения и увеличение энергопотребления корабельных комплексов вооружения. В связи с этим и на основании приказа министра судостроительной промышленности СССР от 2 апреля 1965 г. на базе исследовательских и технологических подразделений ЦКБ-55 был организован НИИ СЭТ, впоследствии переименованный в ЦНИИ СЭТ. Указом Президиума Верховного Совета СССР 23 апреля 1985 г. институт награжден орденом Трудового Красного Знамени и грамотой. Решением Регистрационной палаты мэрии Санкт-Петербурга от 27 апреля 1999 г. ЦНИИ СЭТ перерегистрирован в ФГУП «ЦНИИ СЭТ». 19 ноября 2003 г. научная деятельность ФГУП «ЦНИИ СЭТ» расширилась ещё одним новым и перспективным направлением — развитием водородной энергетики.

В соответствии с Указом Президента РФ от 21 марта 2007 г. и распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2007 г. ФГУП «ЦНИИ СЭТ» с 1 августа 2012 г. было реорганизовано в форме присоединения к ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова». Все права и обязательства ФГУП «ЦНИИ СЭТ» в полном объёме (и в порядке правопреемства) перешли к ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова», которое, в свою очередь, 14 сентября 2012 г. было переименовано в ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Директора организации с 1 октября 1965 г. — А. А. Азовцев (канд. техн. наук, лауреат Государственной премии СССР), с 12 июня 1978 г. — В. А. Косенков (канд. техн. наук, лауреат Государственной премии СССР), с 24 апреля 1985 г. — П. И. Щербинин (канд. техн. наук, лауреат Государственной премии СССР), с 4 июня 1996 г. — В. Л. Галка (докт. техн. наук), с 14 апреля 2005 г. — И. М. Васин (докт. техн. наук), с 17 июля 2012 г. — М. А. Загородников (канд. экон. наук), с 2 августа 2012 г. — Д. А. Хайров (канд. техн. наук).

С момента своего основания ЦНИИ СЭТ выполнял важнейшие работы по созданию и внедрению комплексных методик, стандартов и нормативно-технической документации для обеспечения проектирования электроэнергетических систем (ЭЭС) конструкторскими бюро. Наличие опытного производства в ЦНИИ СЭТ позволило институту также создавать электротехнические изделия для нужд флота, в основном это были системы автоматизации ЭЭС, судовые системы электродвижения, регуляторы частоты вращения приводных двигателей генераторов, регулируемые электроприводы, системы контроля сопротивления изоляции и многие другие. Главной инфраструктурной основой ЦНИИ СЭТ становится отраслевой электротехнический стенд, который позволяет проводить исследования и испытания судового электрооборудования и электротехнических систем на реальные мощности, токи и напряжения, используемые на судах, кораблях и подводных лодках (ПЛ).

Сотрудники ЦНИИ СЭТ принимали участие в создании всех типов надводных кораблей, подводных лодок и судов вспомогательного флота СССР и внесли значительный вклад в развитие ЭЭС и судового электрооборудования, а также в создание систем размагничивания кораблей и ПЛ.

1970-1975

Впервые в СССР специалистами ЦНИИ СЭТ создана судовая единая электроэнергетическая система (ЕЭЭС) для плавучих кранов «Витязь» и «Богатырь», которые входят в двадцатку самых мощных грузоподъёмных морских кранов мира. Данная ЕЭЭС осуществляет питание от единых генерирующих мощностей грузоподъёмного технологического комплекса, пропульсивного электрического комплекса и всех остальных судовых электропотребителей

1971

Специалисты ЦНИИ СЭТ участвуют в создании ЭЭС для самой быстрой серийной АПЛ пр. 705. В этой АПЛ впервые реализован ряд новых технических решений, в том числе — комплексная автоматизация управления работой всех технических средств и корабля в целом из единого командного пункта и внедрение ЭЭС с использованием переменного тока повышенной частоты 400 Гц

Сотрудниками ЦНИИ СЭТ создано максимально облегчённое электрооборудование для десантного экраноплана «Орлёнок»

1972

Специалисты ЦНИИ СЭТ приняли участие в создании судов с динамическим принципом поддержания (корабли на подводных крыльях и воздушной подушке) для ВМФ СССР, в том числе малых ракетных кораблей на подводных крыльях пр. 1240 и самых больших в мире кораблей на воздушной подушке «Зубр»

1972-1983

Особо стоит отметить такую важную веху в судовой электротехнике (и в истории ЦНИИ СЭТ), как проектирование ЭЭС переменного тока. Данная задача потребовала развёртывания научных исследований, связанных с разработкой математических описаний всех элементов ЭЭС (генерирующих и распределяющих) и системы в целом, что позволило создать инженерные методики расчёта ЭЭС, сетей, защиты и других элементов системы. Внедрение в конце 70-х—начале 80-х годов XX века на объектах морской техники силовой электроники и рост мощности ЭЭС потребовали от ЦНИИ СЭТ определения облика и требований к перспективному электрооборудованию. В это же время одной из важнейших задач становится обеспечение качества вырабатываемой судовыми электростанциями электроэнергии и стабильности параметров питания на зажимах судовых приёмников электроэнергии. Для решения этих проблем также привлекался научный коллектив ЦНИИ СЭТ.

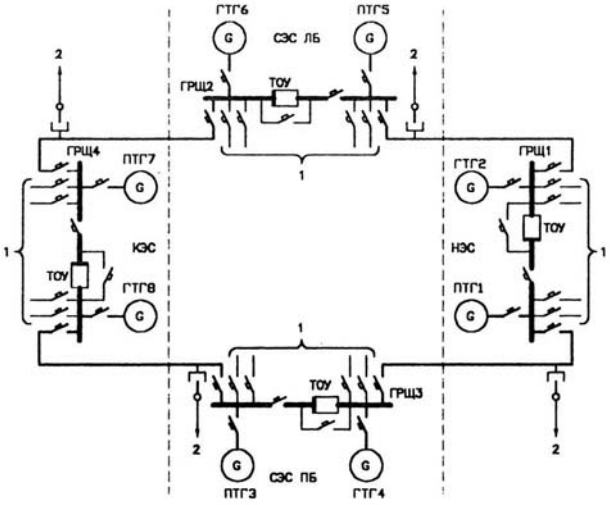


Схема генерирования электроэнергии атомного крейсера пр. 1144

На рубеже XX и XXI века основной заслугой руководства ЦНИИ СЭТ стало сохранение ядра научного-исследовательского коллектива в условиях тяжёлой экономической ситуации в нашей стране. Это позволило ЦНИИ СЭТ в начале 2000-х (когда государством был провозглашён курс на создание нового флота России) реализовать ряд существенных достижении в области судостроения. Так, в частности, сотрудниками ЦНИИ СЭТ впервые в российском флоте была внедрена система полного электродвижения на судне «Вайгач»; глубоководный аппарат «Консул», оснащённый системой электродвижения (СЭД) и конструктивно-монтажными узлами производства ЦНИИ СЭТ, погрузился на рекордную для отечественных аппаратов глубину — 6270 м; также ЦНИИ СЭТ впервые на отечественном флоте внедрил СЭД на основе вентильно-индукторного двигателя; особый вклад ЦНИИ СЭТ внёс в создание подводных лодок нового поколения; ну и, конечно, нельзя не упомянуть работы ЦНИИ СЭТ в рамках такого знакового для отечественного судостроения проекта, как создание самого большого в мире ледокола ЛК-60Я.

Ещё одним видом деятельности ЦНИИ СЭТ стали работы в области обеспечения электростатической искробезопасности (ЭСИБ) судов и кораблей. Обладая многолетним опытом в этой области, сотрудники ЦНИИ СЭТ разработали методики по обеспечению ЭСИБ танкеров,

Специалисты ЦНИИ СЭТ приняли участие в создании электроэнергетической системы с несколькими электростанциями для крупнейших советских кораблей пр. 1144 и 1143

1973

Впервые в отечественном судостроении на супертанкере «Крым» и рыбопромысловой базе «50 лет СССР» специалистами ЦНИИ СЭТ внедрена автономно-районная технология электромонтажа

1973-1974

Впервые в отечественном судостроении при строительстве буровой платформы «Шельф» специалистами ЦНИИ СЭТ внедрена агрегатно-блочная технология электромонтажа судов

1978

Создана вспомогательная установка «Кристалл-20» с ЭХГ первого поколения для ПЛ пр. 865

1991

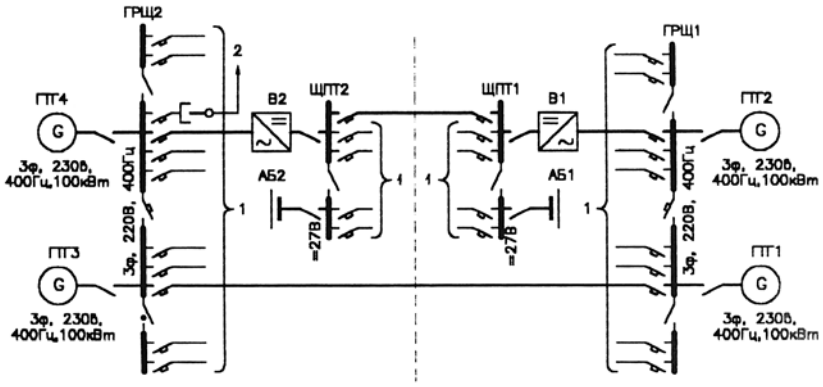
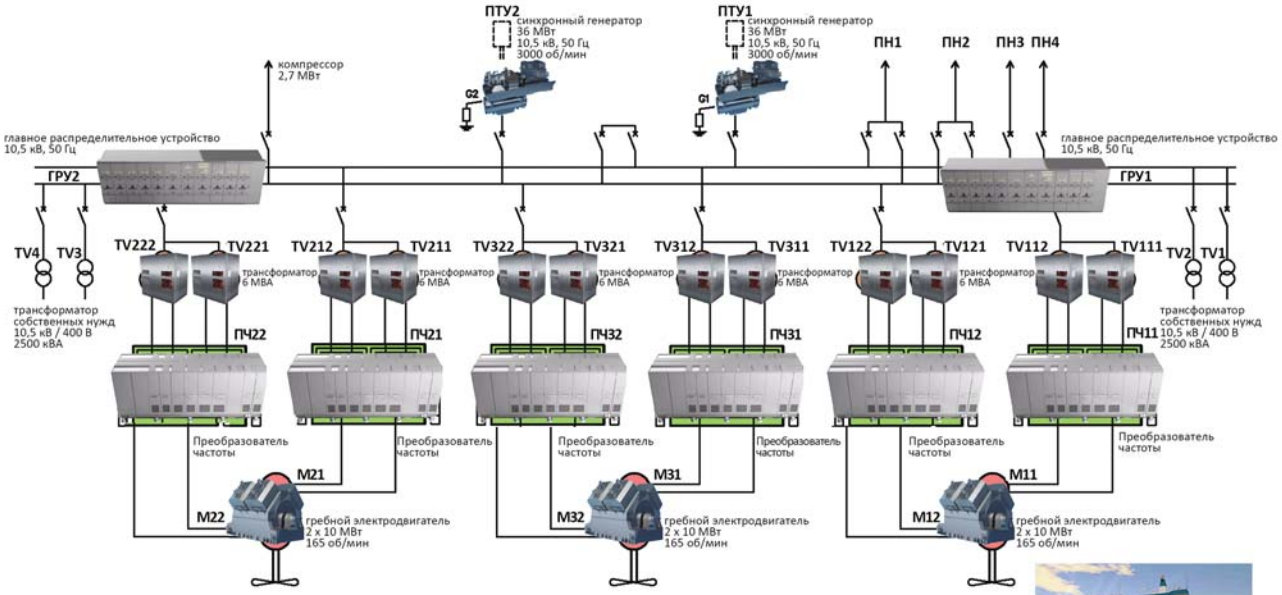


Схема ЭЭС большого десантного судна на воздушной подушке «Зубр»

для которых особо опасно возникновение аварий от разрядов статического электричества. В рамках данного направления сотрудники ЦНИИ СЭТ создали высококачественное измерительное оборудование, позволяющее осуществлять мониторинг ЭСИБ в режиме реального времени и в условиях агрессивных сред. Силами ЦНИИ СЭТ были проведены работы по обеспечению ЭСИБ для таких судов, как, например, танкеры «Виктор Дубровский», «Астрахань», «Саратов» и др. Применённые в этих проектах технические решения по ЭСИБ позволили исключить взрыв танкеров при проведении погрузочно-разгрузочных операций и во время мойки танков.

Нельзя не отметить ещё одну важнейшую область деятельности ЦНИИ СЭТ — разработку технологии судовых электромонтажных работ. С появлением электрооборудования на судах и кораблях возникла потребность выполнять электромонтажные работы. Впоследствии с ростом уровня электрификации и автоматизации объектов морской техники возросли и объёмы судовых электромонтажных работ. Сегодня судовой электро-



Структурная схема системы электродвижения мощностью 60 МВт атомного ледокола пр. 22220. Впервые специалисты ЦНИИ СЭТ создают отечественное мощное и высоковольтное (до 10,5 кВ) электрооборудование морского исполнения для этого самого большого в мире атомохода

монтаж соизмерим с объёмом корпусных работ и составляет порядка 30% от общей трудоёмкости постройки судна. И в дальнейшем эти объёмы будут только увеличиваться — это связано с увеличением насыщенности электрооборудования на объектах морской техники. На современных судах, кораблях и подводной технике установлены сотни, а иногда и тысячи механизмов и устройств различного назначения, большая часть из которых приводится в действие электрическими приводами. Кроме того, некоторые суда имеют электрические гребные установки. Пропульсивные комплексы, системы управления, техническое оборудование, средства связи и навигации и многие другие системы и устройства — всё это требует развитой электроэнергетической системы и качественного электромонтажа, ведь для передачи электрической энергии от источников к потребителям, управления, контроля и сигнализации на крупных судах должны быть проложены сотни километров кабелей и проводов. Основной заслугой ЦНИИ СЭТ в этой области стало создание формализованного математического описания технологии и последовательности выполнения электромонтажных и регулировочно-сдаточных работ при строительстве кораблей и ПЛ, что позволило перейти от выборочного электромонтажа к индустриальным методам электромонтажных работ.

Также в рамках этой деятельности ЦНИИ СЭТ создавал специальные конструктивно-монтажные узлы для глубоководных аппаратов (ГА) и подводных лодок. Так, в 70—80-е годы XX века ЦНИИ СЭТ созданы токовводы и кабельные сборки для передачи через прочный корпус ГА и ПЛ различного рода электрических сигналов и электроэнергии в широком диапазоне напряжений и мощности. Наряду с этим данные токовводы обеспечивают герметичность и пожаростойкость проходов кабелей через прочный корпус при погружении аппарата на полную проектную глубину. В этой сфере ЦНИИ СЭТ является одним из ведущих в России предприятий. Наиболее крупным нашим успехом стало участие сотрудников филиала ЦНИИ СЭТ в создании всего типоряда и типоразмеров конструктивно-монтажных узлов (более 10 000 наименований) для глубоководных обитаемых аппаратов «Консул» и «Русь».

Сегодня филиал ЦНИИ СЭТ является крупнейшим научно-исследовательским подразделением ФГУП «Крыловский государственный научный центр». ЦНИИ СЭТ — это многопрофильный специализированный научно-производственный центр, выполняющий наукоёмкие научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, в том числе с полным циклом создания новой техники «под ключ» — от научной идеи до монтажа на объекте. Предприятие разрабатывает, изготавливает, поставляет и испытывает электрооборудование, автономные электроэнергетические системы, гребные электрические установки, системы управления, контроля и диагностики, конструктивно-монтажные узлы, нагрузочные устройства, средства электростатической защиты танкеров, энергоустановки на основе водородных топливных элементов. Для проведения испытаний электрооборудования и систем используется уникальный электротехнический стенд, на котором можно провести до 80% электротехнических испытаний, ранее выполнявшихся на судне.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СТАТИСТИКА СУДОСТРОЕНИЯ

В 2014 г. заказ новых судов гражданского флота в мире (учитываются суда валовой вместимостью 100 GT и выше) уменьшился по сравнению с 2013 г. как по количеству, так и по валовой вместимости — соответственно с 3532 до 2694 ед. и с 103 200 до 82 582 тыс. GT. При этом тройка лидеров сохранила свои позиции. На первом месте Китай — 1102 судна, 32 057 тыс. GT или 38,8%. Второе место у Южной Кореи — 337 судов, 24 649 тыс. GT и 29,8% (таблица). Третье место занимает Япония — 596 судов, 19 325 тыс. GT и 23,4%. Европейские страны увеличили свои показатели, но по-прежнему на порядок отстают от лидеров (2,7%). Доля остальных стран по полученным новым заказам в 2014 г., кроме Филиппин (2,3%) и Румынии (1%), составляла менее одного процента.

По суммарному портфелю заказов к концу 2014 г. у Китая и Японии — рост количества судов и вместимости. У Южной Кореи количество уменьшилось, а вместимость незначительно возросла. В процентном отношении Китай занимал 40,8%, Южная Корея 30,9%, Япония 16,7%. После Европы с 2,4% идут Филиппины (2,3%), Бразилия (2%) и Румыния (1,1%). У остальных стран — менее 1%.

По сданным заказчикам судам в 2014 г. — лидеры прежние, но Китай (35,2%) сократил число построенных судов на 167 ед., Южная Корея (34,8%) — на 45 ед., Япония (20,8%) — на 18 ед. На четвертом месте — Филиппины (2,9%), построившие 45 судов вместимостью 1878 тыс. GT, что больше, чем у Европы (1189 тыс. GT).

В 2013 г. в мире было сдано на слом 1499 судов вместимостью 29 834 тыс. GT. В этом бизнесе специализируются Индия (363 судна, 8087 тыс. GT), Бангладеш (197 судов, 7305 тыс. GT), Китай (343 судна, 7084 тыс. GT), Пакистан (103 судна, 5376 тыс. GT) и Турция — 214 судов, 1370 тыс. GT (*Shipbuilding Statistics. 2015. March. The Shipbuilders' Association of Japan. www.sajn.or.jp*)

БУНКЕРОВКА СПГ

Широкое распространение сжиженного природного газа (СПГ) в качестве основного судового топлива сдерживается отсутствием соответствующей портовой инфраструктуры для подачи СПГ на суда. Простое решение этой проблемы нашли в Австралии. Судоходная компания Sea-Road Shipping, обеспечивающая в основном доставку грузов на автомобильных паромах между Мельбурном и Девенпортом (о. Тасмания), предложила для этой цели использовать автомобильные СПГ-цистерны, которые автотягач своим ходом завозит на судно и оставляет там. СПГ-цистерны крепятся к палубе и подключаются к соответствующей судовой системе. По мере расходования СПГ, эти цистерны заменяются в порту во время грузовых операций. Первое такое судно типа ро-ро планируется к концу 2016 г. построить на немецкой верфи Flensburger Schiffbau-Gesellschaft (FSG shipyard) — резка стали для него должна была начаться в сентябре 2015 г. Компания DNV GL обеспечивает классификационное обслуживание проекта. Длина судна 182 м, ширина 26,6 м, осадка 6,3 м, скорость хода 20 уз. Мощность главных двигателей фирмы MaK, способных работать на двух видах топлива, включая СПГ, составляет 2x7,2 МВт. Три автоцистерны с СПГ будут располагаться на верхней палубе в корме (*DNV GL's Maritime Impact. Issue 02-15. P. 22—25.*)

Проектное изображение нового судна компании Sea-Road Shipping с тремя СПГ-цистернами в корме (*Maritime Impact. Issue 02-15*)

Статистика по гражданскому судостроению в 2013/2014 гг.

Страна	Новые заказы			Всего заказов на конец года			Сдано заказчикам		
	No	000GT	%	No	000GT	%	No	000GT	%
Китай	1417 1102	43 925 32 057	42,6 38,8	2161 2454	73 039 80 452	39,9 40,8	1073 906	25 903 22 682	36,8 35,2
Южная Корея	551 337	35 452 24 649	34,4 29,8	890 865	60 624 61 080	33,2 30,9	384 341	24 504 22 455	34,8 34,8
Япония	571 596	13 804 19 325	13,4 23,4	825 941	26 089 32 875	14,3 16,7	540 522	14 588 13 421	20,7 20,8
Европа	113 123	1311 2237	1,3 2,7	260 247	3466 4731	1,9 2,4	123 123	992 1189	1,4 1,8
Всего в мире	3532 2694	103 200 82 582	100 100	5994 6148	182 863 197 389	100 100	3089 2939	70 480 64 442	100 100

СУДОРЕМОНТ В КАТАРЕ

Для ремонта, модернизации и обслуживания в основном своего крупнейшего в мире флота газовозов (61 ед. LNG + в управлении 4 LNG и 4 LPG) компания Qatar Gas Transport Company (Nakilat) создала в 2007 г. с сингапурской компанией Keppel Offshore & Marine (KOM) совместное предприятие Nakilat-Keppel Offshore & Marine (N-KOM) в Катаре. В феврале 2015 г. она отремонтировала 100-й газовоз, им был 300-метровый «Dukhan» вместимостью около 137 600 м^3 сжиженного природного газа. Сейчас в распоряжении N-KOM судоремонтные и судостроительные мощности верфи Erhama Bin Jaber Al Jalahma Shipyard, в том числе расположенные на намывной территории причалы общей длиной 3150 м и два крупных сухих дока. Один из них рассчитан на суда дедвейтом 450 000 т (размеры его док-камеры 400x80x12 м), другой — на 350 000 т (360x66x11 м). Кроме того, в прошлом году на южнокорейской верфи Hyundai Samho Heavy Industries построен для N-KOM новый сверхкрупный плавучий док, получивший имя «Laffan». Плавдок имеет грузоподъемность 120 000 т, размеры 405x66 м и предназначен для газовозов типа Q-max и супертанкеров типа VLCC. Еще один плавдок для судов типа Handymax строится, его грузоподъемность 6250 т, размеры 163x26 м.

Схема расположения доков, причалов и производственных помещений компании N-KOM в Катаре (*www.nkom.com.qa*)

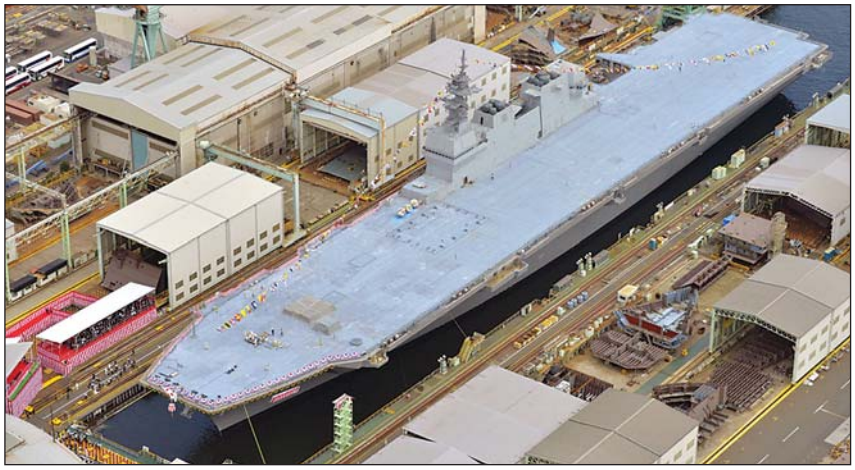
FSRU «КАЛИНИНГРАД» СТРОИТ HHI

Лондонская компания GM&T (Gazprom Marketing & Trading) сообщила в августе о заключении соглашения с ООО «Газпром Флот» (дочерние структуры ПАО «Газпром») на предоставление услуг по техническому и коммерческому консалтингу при проектировании и строительстве специального судна «Калининград» для хранения и регазификации сжиженного природного газа (FSRU — Floating Storage and Regasification Unit). Заказ на строительство FSRU в начале этого года «Газпром» разместил на южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries (HHI) в Ульсане. Передача судна заказчику запланирована на ноябрь 2017 г., после чего оно будет задействовано в поставках газа в Калининградскую область. Основные характеристики FSRU «Калининград»: максимальная вместимость 174 100 м^3; производительность — до 500 млн станд. фут.^{3}/сут; скорость хода 19,5 уз; ледовый класс Arc 4 Российского морского регистра судоходства. FSRU будет адаптировано для работы с небольшими судами для будущего бизнеса «Газпрома» по СПГ-бункеровкам в Балтийском море. Судно также сможет разместить на борту пассажиров и специализированное оборудование для подготовки курсантов из российских морских университетов (*www.gazprom-mt.com*).

ЗАЛОЖЕН «JOHN F. KENNEDY»

22 августа на американской верфи Newport News Shipbuilding, входящей в Huntington Ingalls Industries (HII), состоялась официальная церемония закладки для ВМС США новейшего атомного авианосца «John F. Kennedy» (CVN-79) — второго в серии авианосцев нового поколения класса «Gerald R. Ford», которые должны заменить авианосцы типа «Nimits». В присутствии полутора тысяч приглашенных на эту церемонию, днищевая секция корабля была перемещена со стапельной площадки в сухой строительный док. Резка стали для этого корабля началась в декабре 2010 г., и к моменту закладки уже были готовы 450 из 1100 сборочных единиц. Основ-

Перемещение закладной днищевой секции атомного авианосца ВМС США «John F. Kennedy» со стапельной площадки в сухой строительный док (*http://nns.huntingtoningalls.com*)



«Kaga» — второй японский «вертолетный эсминец» в день вывода из сухого дока (*www.rt.com/Kyodo/Reuters*)

ной контракт на 3,35 млрд дол. на постройку авианосца «John F. Kennedy» был получен в начале июня 2015 г.

Водоизмещение корабля этого класса, который позиционируется как «полностью электрический», составит около 100 тыс. т, длина 333 м, ширина 78 м. Он сможет принимать на борт более 75 самолетов и вертолетов. Впервые в мировой практике эти авианосцы оснащаются электромагнитными катапультами (Electromagnetic Aircraft Launch System — EMALS) вместо паровых. Сообщается, что каждый новый авианосец в процессе своей эксплуатации в течение 50 лет позволит флоту сэкономить 4 млрд дол., так как потребует на 30% меньше затрат на техобслуживание. Так, например, междоковые интервалы составляют 12 лет.

Головной авианосец «Gerald R. Ford» планируют передать флоту в первом квартале 2016 г.; в том же году завершатся контракты по ремонту авианосца «Abraham Lincoln» и выводу из эксплуатации первого в мире атомного авианосца «Enterprise». В связи с сокращением объема работ, компания HII объявила о грядущем сокращении свыше 1500 работников (7%), причем около 500 — в 2015 г.

ВТОРОЙ «KAGA»

27 августа из строительного сухого дока японской верфи Japan Marine United Corporation в Йокогама был выведен вертолетоносец «Kaga» (DDH-184) — второй в серии «вертолетных эсминцев» (helicopter destroyer) как их классифицируют в Японии. Он должен быть сдан флоту в марте 2017 г. Новый японский военный корабль назван именем корабля времен второй мировой войны. Также назывался авианосец японского императорского флота, самолеты которого бомбили Шанхай, Нанкин и другие китайские города в 1937 г.; он принимал участие в атаке на Перл-Харбор 7 декабря 1941 г. и был потоплен американцами во время сражения у атолла Мидуэй в июне 1942 г. Головной вертолетоносец «Izumo» (DDH-183) был спущен на воду в августе 2013 г., а передан Морским силам самообороны Японии в марте этого года. Полное водоизмещение «вертолетных эсминцев» 24 000 т.

КРУПНЕЙШИЙ ЗЕМСНАРЯД

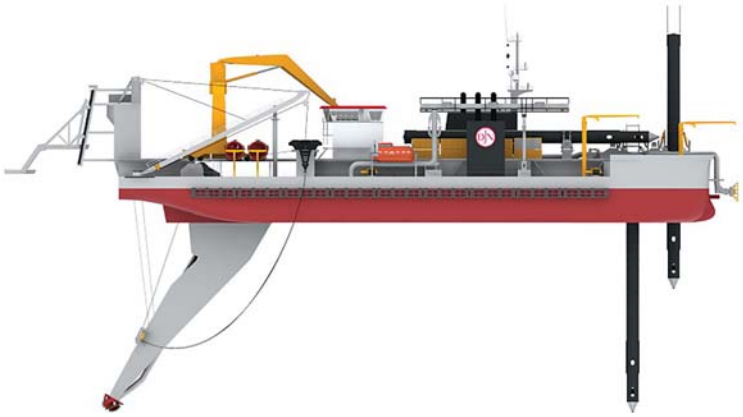
Двигатели компании MAN Diesel & Turbo будут установлены на крупнейшем в мире земснаряде, который построит хорватская верфь Uljanik Brodogradiliste в Пуле для компании Jan De Nul, занимающейся в основном дноуглубительными работами и владеющей специализированным флотом из 76 судов. На самоходном свайно-папильонажном земснаряде (проект JDN8069) с фрезерным разрыхлителем будут установлены двигатель серии MAN 14V48/60CR мощностью 16 800 кВт и два двигателя серии MAN 9L48/60CR мощностью по 10 800 кВт, а также три редуктора с повышающей передачей RENK Rheine для дизель-электрической установки. Длина земснаряда 151,3 м, ширина 36 м, осадка 5,8 м, скорость хода 12 уз, глубина разработки грунта 45 м, диаметр всасывающей трубы 1,1 м, мощность насосов 3x8500 кВт.

ШЕСТОЙ «INCHEON»

11 августа был спущен на воду шестой фрегат типа «Incheon» для ВМС Южной Кореи. Корабль, имеющий длину 114 м и получивший название «Gwangju» (FFG 817), является третьим в серии, которая строится верфью STX Offshore& Shipbuilding. Передача его флоту планируется в 2016 г. В последние три года другой южнокорейской верфью Hyundai Heavy Industries была построена первая тройка фрегатов этого типа — «Incheon» (FFG 811), «Gyeonggi» (FFG 812) и «Jeonbuk» (FFG 813).

Комбинированная дизель-газотурбинная главная энергетическая установка (CODOG) обеспечивает фрегатам максимальную скорость хода 30 уз. Согласно IHS Jane's Fighting Ships, в состав вооружения кораблей входят 127 мм артустановка, шестиствольный автомат Phalanx Block 1B, два трехтрубных 324-мм торпедных аппарата.

Подготовил А. Н. Хаустов



Проектное изображение земснаряда, который будет построен в Хорватии для компании Jan De Nul (*www.corporate.man.eu*)

К 70-летию Великой Победы

ТРАЛЬЩИКИ ВМФ СССР В ПРЕДВОЕННЫЕ И ВОЕННЫЕ ГОДЫ

В. М. Йолтуховский, докт. воен. наук
(ВУНЦ ВМФ — Военно-морская академия)

УДК 629.5

В ходе первой мировой и гражданской войн заметно возросли роль и значение минного оружия в борьбе на море. Поэтому в СССР, при реализации трех предвоенных кораблестроительных программ, определенное место занимало строительство тралящих кораблей. Однако в связи с финансовыми трудностями сметы на военное судостроение регулярно урезались. К тому же для реализации намеченных планов не хватало производственных мощностей. Так, пять верфей, не считая заводов-смежников, остались на территории Финляндии, Эстонии и Латвии, а из отечественных в начале 20-х годов перешли на выпуск продукции, не связанной с судостроением, Невский судостроительный завод, Новое Адмиралтейство, завод Крейтона и др. Мало того, в стране не осталось организаций, имевших опыт проектирования минно-тральных кораблей.

Для устранения такого положения в конце 20-х годов началось создание сети учреждений, занимавшихся проектированием тральщиков, их техники и вооружения. Эту задачу решали в основном ЦКБС, ЦКБ-1, ЦКБ-17, ЦКБ-51, ЦКБ-52, а также Особое техническое бюро по военным изобретениям (Остехбюро). Позже к разработке проектов тралящих кораблей и их вооружения привлекались Научно-исследовательский институт военного кораблестроения (НИИВК), образованный в 1931 г. на базе опытно-судового бассейна, а также Научно-исследовательский минно-торпедный институт, созданный из минно-торпедного отдела Остехбюро и минно-трального сектора Научно-технического комитета Управления Военно-Морских Сил (НТК УВМС).

Слабая материально-техническая база перечисленных учреждений и организаций, низкий уровень подготовки кадров, отсутствие профессионального опыта, крайне сжатые сроки, устанавливаемые наркоматами и главками при проектировании тральщиков, отрицательно влияли на этот процесс, приводили к различным упущениям и ошибкам. Так, из-за крупных ошибок ЦКБ-1 в расчетах по остойчивости и нагрузке тральщиков их метацентрическая высота оказалась почти в два раза меньше спецификационной. В итоге, принятые от промышленности корабли пр. 3, 53 не могли выйти в море около шести мес, пока Северная верфь и Севморзавод не провели работы по увеличению их остойчивости.

Вследствие ошибок в нагрузке кораблей и в проектировании винтов на тральщиках первой серии был недобор спецификационной скорости. Это привело к тому, что скорость с кормовым параван-тралом (менее 18 уз) исключала его надежную работу при волнении и встречном ветре, т. е. ставила под угрозу выполнение главной работы — траления.

На процесс постройки и качества кораблей отрицательно влияло форсирование работ над проектом и запуск его в серию, а затем выявление недоработок и ошибок проектирующих организаций, установка новых или дополнительных механизмов. На кораблях пр. 53 1-й серии перегрузка составила 9 т за счет конструкций и механизмов, установленных по дополнительным соглашениям, и большей массы механизмов по сравнению с проектом. Особенно это было характерно для изделий Коломенского машиностроительного завода им. В. В. Куйбышева, Воронежского завода им. И. В. Сталина, московского «Динамо». В итоге, в ходе первой судостроительной программы ни один из шести заложенных тральщиков не вступил в строй.

На составление планов развития ВМС существенное влияние оказало радикальное изменение военно-политической обстановки в мире и необходимость укрепления флотов на Балтике и Черном море. Все это позволило более продуманно обосновать требования к строительству ВМС во 2-й пятилетке, отразившиеся в разработанных Управлением Военно-Морских Сил «Основных соображениях по развитию Военно-Морских Сил РККА на вторую пятилетку (1933—1937 гг.)».

Постановление СТО СССР от 11 июля 1933 г. «О программе военно-морского строительства на 1933—1938 гг.» намечало коренное обновление ВМС новыми кораблями различных классов. В течение указанного периода планировалось ввести в строй 861 корабль общим водоизмещением 451,5 тыс. т, в том числе 42 тральщика. В качестве резерва предлагалось развернуть специальное судостроение, в частности, строительство тральщиков, на Азовском море (в Мариуполе, Таганроге и Ейске), на Дальнем Востоке (Хабаровск) и на Севере (Мурманск) [1].

Но реконструкция судостроительных заводов к тому времени не была завершена, все намеченные планы их модернизации систематически не выполнялись. Серьезными проблемами для своевременного и качественного ввода в строй тральщиков были задержки в поставке материалов, в основном стали. Получаемая заводами сталь направлялась в первую очередь на обеспечение постройки крейсеров, эскадренных миноносцев, подводных лодок.

На первых трех тральщиках постройки Северной судоверфи устанавливались дизели германской фирмы «MAN». Однако после резкого сокращения закупок за границей, из-за острой нехватки валюты, производство этих дизелей (по германской лицензии) поручили Коломенскому машиностроительному заводу им. Куйбышева. При этом увеличенные (по сравнению с зарубежными образцами) масса и габариты, меньшая мощность, низкое качество металла и

БТЩ типа «Фугас»

главных механизмов коломенских дизелей задержали их ввод в серийное производство более чем на два года. Первые дизели «42-БМРН-6» стали поступать на корабли в 1936 г., но спешка при их изготовлении приводила к значительному браку, а стендовые испытания по сокращенной программе — к выходу дизелей из строя на двух кораблях постройки Севморзавода. Приходилось держать на тральщиках по 2—3 мес бригады специалистов Коломенского завода и вкладывать значительные средства в наладку дизелей.

Потребность флота в тральщиках была острой, но их запланированное количество во 2-й судостроительной программе оставалось крайне ограниченным и не могло обеспечить запросы ВМС. Так, по расчетам штаба ВМС в 1935 г. требовалось не менее 320 кораблей этого класса. Фактически к концу 1935 г. в составе флотов насчитывалось лишь 16 (или 5% от требуемого количества). К концу 1935 г. на верфях было заложено 18 тральщиков, но ни один не введен в строй. Поэтому по решению Комитета обороны при Совете Народных Комиссаров (СНК) планировалось мобилизовать на короткие сроки (2 мес) от различных наркоматов 100 судов [2].

Всего во 2-й пятилетке было заложено 234 корабля, в т. ч. 27 тральщиков, или 11,5% от общего числа заложенных кораблей. За эти 5 лет построено 162 корабля, из них количество тральщиков составило 6 ед. (или 3,7%). В конечном итоге, к началу войны в составе ВМФ насчитывалось 38 новых тральщиков, построенных по пр. 3, 58, 53 и 53У. 17 находилось в составе Балтийского флота, 13 — в составе Черноморского, а 8 в 1939 г. переведено из Кронштадта и Севастополя на Дальний Восток [1] .

К началу Великой Отечественной войны на всех флотах страны насчитывалось 80 тралящих кораблей — в первую очередь новейших базовых тральщиков (БТЩ), а также переоборудованных из промысловых судов и буксиров. Характерный представитель таких БТЩ — «Фугас», построенный в 1937 г., имел следующие тактико-технические элементы (ТТЭ): полное водоизмещение 550 т, длину 62 м, ширину 7 м, осадку 2,2 м, дальность плавания экономическим ходом 4300 миль, максимальную скорость 18,5 уз (с параван-тралом — свыше 14 уз). Артиллерийское и тральное вооружение включало — 100-мм орудие, 45-мм полуавтомат, параван-трал, змейковый трал, морской трал Шульца, кроме того, корабль мог принимать на борт 20 больших и столько же малых глубинных бомб [3]. Достаточная мореходность, большая дальность плавания, хорошая скорость, сильное по тем временам вооружение позволяли базовым тральщикам выполнять самые различные боевые задачи. В период Великой Отечественной войны БТЩ использовались не только для борьбы с минами в открытых районах моря и отдаленных от баз местах, но и эскортирования подводных лодок, охраны кораблей и транспортов, перевозки людей и грузов, высадки морских десантов.

Противоминная оборона стала одним из важнейших видов боевого обеспечения сил Балтийского и Чер-

Основные тактико-технические элементы тральщиков БФ[1]

Тип корабля	Полное водоизмещение (т)	Осадка при полном водоизмещении (м)	Мощность двигателя (л.с.)	Скорость (уз)	Макс. скорость с тралами (уз)	Вооружение	
						Тральное	Артиллерийское
БТЩ «Фугас»	450	2,2	1400	18,5	14—15	ПТ, ЗТ МТШ	1—100 мм 1—45 мм
БТЩ типа «АМ»	945	2,8	1900	13,5	9	Конт. трал Оропеза МК-V, АТ	1—76 мм 2—40 мм 6—20 мм
Тральщик «Менжинский»	467	2,6	400	7,7	4	ЗТ, МТШ	1—45 мм
Тральщик «Ижорец»	140	2,2	200	7,7	4	МТШ	1—45 мм
Катер-тральщик «Рыбинец»	26	1,0	136	9	4	ОТШ, КТ	—
Катер-тральщик МСВ-38	10,2	0,6	73	7,5	4	КТ	—
КАТЩ К-15-М-17	15,7	0,65	65	9,1	5	КТ	—
ЭТЩ «Владимир Полухин»	879	2,8	8000	22,4	18	ПЭМТ, МТ ПрТ, ГПТ, ЗТ	1—100 мм 1—45 мм 3—37 мм 2—20 мм
МБТЩ «стотонник» (1-я серия)	126,7	1,34	540	14	9—10	КЭМТ, ПЭМТ ОПТ, КПТ, БАТ	2—45 мм

Принятые сокращения: ПТ — параван-трал; ЗТ — змейковый трал; МТШ — морской трал Шульца; ОТШ — облегченный трал Шульца; КТ — катерный трал; ПЭМТ — петлевой электромагнитный трал; ПрТ — петлевой речной трал; ГПТ — глубоководный придонный трал; КЭМТ — катерный электромагнитный трал; ОПТ — облегченный парный трал; КПТ — катерный парный трал; БАТ — буксируемый акустический трал; АТ — акустический трал.

[1]Иолтуховский В. М. Минная война на море (1921—1945), СПб.: ВВМУПП им. Ленинского комсомола, 1998, с. 224.

номорского флотов, которые располагали тралящими кораблями нескольких типов (таблица). Наряду с тральщиками типов «Фугас» и «Верп», в составе флота насчитывалось пять тихоходных тральщиков типа «Менжинский», переоборудованных из судов гражданских ведомств. Они отличались высокой мореходностью и достаточной автономностью. Наличие двух машин облегчало маневрирование с тралами, но из-за малой скорости они не могли работать со всеми образцами тралов. Для тихоходных тральщиков характерны незначительный район плавания до 350 миль, малая скорость хода (6—7 уз). Они имели значительную парусность, их тралы позволяли уничтожать лишь якорные мины. Слабое зенитно-артиллерийское вооружение состояло из одной 45-мм пушки, одного—двух пулеметов.

Так, на Балтике из 54 мобилизованных тральщиков, вооруженных контактными тралами, только десять имели скорость хода от 10 до 14 уз, а у остальных она не превышала 7—9 уз. Некоторые из них, идя против свежего ветра и волны, не могли буксировать трал Шульца со скоростью свыше 3—4 уз. Отдельные корабли (типа «Шуя») при малой осадке (1,6 м) имели большую парусность и сильно рыскали на боковой волне. За исключением тихоходных тральщиков специальной постройки («Клюз», «Ударник», «Запал»), остальные представляли собой приспособленные для траления небольшие пароходы и буксиры водоизмещением от 140 т (буксиры, построенные на Ижорском заводе) до 467 т (тральщики типа «Краб»). Несмотря на свои малые размеры, «ижорцы» (осадка 2,2 м), не имевшие высоких надстроек, были сравнительно мореходными, но с плохими бытовыми условиями. Эти недостатки были характерны для других мобилизованных тральщиков [4]. «Магнитные тральщики» представляли собой малые деревянные катера водоизмещением от 30 до 80 т со слабыми двигателями и низкими мореходными качествами.

Крайне серьезная ситуация сложилась на Северном флоте, где возникла острая необходимость срочного пополнения тральных сил мобилизованными судами. Но вместо запланированных 15 ед. в состав флота было направлено 28 рыболовных траулеров. С первого дня войны началось переоборудование значительного количества гражданских судов, но из-за нехватки причалов и ремонтной базы проходило медленно. Поэтому последний тральщик вошел в состав Северного флота на 27 сут позже графика. Выяснилось, что не хватало не только судов, но и тралов, артиллерийских орудий, навигационного оборудования, топлива. И все же к концу года Северный флот и Беломорская военная флотилия (БВФ) получили 28 тральщиков, 21 катер-тральщик и 7 речных тральщиков [5].

В годы войны в тральщики переоборудовали рыболовные траулеры

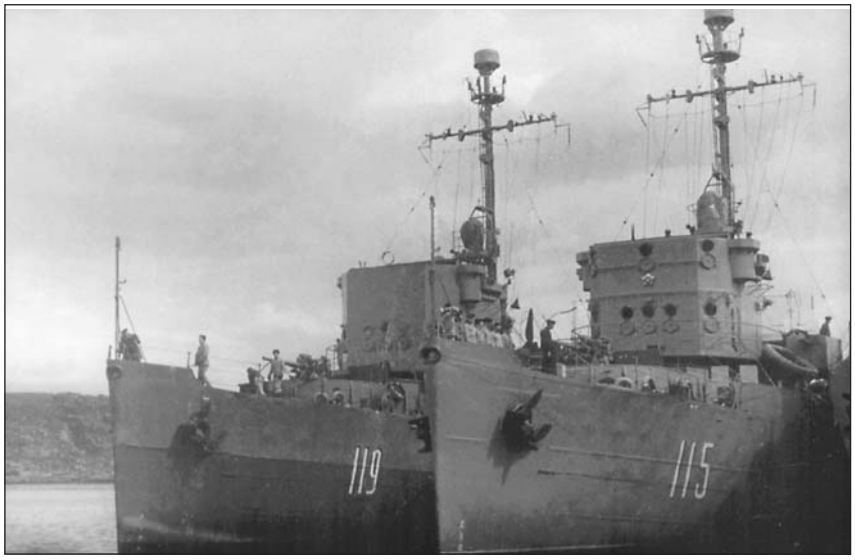
Следует отметить, что большая по объему и важности срочная работа по оборудованию и вооружению рыболовных траулеров, призванных по мобилизации, была выполнена при отсутствии специальной производственной базы, артмастерских, минно-торпедных мастерских, необходимой квалифицированной рабочей силы и специалистов.

Рыболовные траулеры представляли собой угольные суда водоизмещением 1100—1200 т и скоростью хода 9—10 уз. Большинство из них вооружалось двумя 45-мм пушками К-21, двумя пулеметами М-1, морскими тралами Шульца и змейковым. Корабли имели устаревшее штурманское оснащение; ненадежные магнитные компасы, буксируемые лаги, на полном ходу дававшие погрешность — до 20%, что зачастую не позволяло определять место корабля по счислению, а при поставленном трале лаг нередко запутывался в нем и выходил из строя.

Катера-тральщики представляли собой широко распространенный на Севере тип рыболовных мотоботов водоизмещением 40—50 т деревянной постройки с двигателями внутреннего сгорания и дрифтерботов. Речные тральщики оборудовались из речных колесных и винтовых буксиров водоизмещением 130—200 т. Они вооружались облегченными тралами Шульца и комбинированным тралом. На некоторых катерах было установлено по одному пулемету М-1. Все тральщики и катера-тральщики имели подрывное снаряжение для уничтожения плавающих или всплывших подсеченных мин, малые глубинные бомбы для профилактического бомбометания заграждений из донных мин, а также для борьбы с подводными лодками [5].

Серьезной проблемой организации боевого управления этими кораблями была система связи. Тральщики оснащались различными установками, начиная с искровых передатчиков, детекторных приемников, передатчиков типа «Лоренц», «Телефункен», РЛ-02. Только на некоторых тральщиках имелась штатная военная аппаратура («Бриз», «Бухта», «Рейд»). Такая разнотипность в оснащении средствами связи затрудняла маневренную и скрытную организацию управления силами.

Опыт показал, что силами переоборудованных рыболовных траулеров, дрифтерботов, мотоботов решать проблему борьбы с растущей минной опасностью на Севере было невозможно. Сил и средств для уничтожения новейших донных неконта-



Американские тральщики в составе Северного флота

ктных мин с магнитными, акустическими взрывателями на Северном флоте не было. Перевод кораблей и катеров из центральных районов страны исключался из-за захвата части Беломорско-Балтийского канала противником. Маломощный Молотовский судостроительный завод едва справлялся с боевым ремонтом и модернизацией кораблей и подводных лодок. По этой причине строить тральщики он не мог [6].

После подписания в сентябре 1941 г. соглашения о взаимопомощи и создании антигитлеровской коалиции и прибытия в Москву представителей военно-морских миссий Великобритании и США, командование ВМФ СССР представило большой список кораблей, вооружения, материалов и других видов снабжения, в которых нуждался наш флот. В их числе были тральщики и тралы, в первую очередь неконтактные. Весной 1942 г. в Мурманск в составе конвоя прибыли первые три английских корабля типа «ТАМ» для передачи Северному флоту. Эти корабли строились в 1929—1931 гг., в Англии и Норвегии, как китобойные суда. В 1940 г. после оккупации Норвегии немцами они были переведены в Англию и переоборудованы под тральщики для британских ВМС. Всего Северный флот получил семь кораблей этого типа. Они обладали хорошими мореходными качествами и использовались для противоминного обеспечения боевых групп и конвоев на переходах морем [5].

Кроме этого, в конце 1942 г. Северный флот получил от англичан три новых базовых тральщика типа «MMS» (Т-108—Т-110) постройки 1942 г. Они отличались не только деревянными корпусами, но и дизельной установкой и гладкопалубным архитектурным типом. В октябре 1942 г. в составе конвоя «PQ-18» тральщики совершили переход в Архангельск и вошли в состав БВФ. Они были вооружены петлевым, электромагнитным и акустическим тралами, их главная задача — траление неконтактных мин. Из трех тральщиков был сформирован 5-й дивизион ТЩ. Вскоре они тралили мины в Новоземельских проливах, Белом и Карском морях [6].

Несмотря на тяжелую обстановку, сложившуюся в ходе войны, наша судостроительная промышленность продолжала создавать новые, более современные типы тральщиков. Многое делалось и в осажденном Ленинграде, где в условиях голода, недостатка рабочей силы, топлива и материалов продолжали вводиться в строй боевые корабли. Именно здесь впервые в советском судостроении были построены эскадренные тральщики «Владимир Полухин» и «Василий Громов» с турбинной установкой. На первом из них (головном) работы велись в три смены, что позволило намного раньше даже жестких фронтовых графиков приступить (в сентябре 1942 г.) к заводским испытаниям, причем артиллерийское вооружение проверялось стрельбой непосредственно по вражеским позициям. Государственные испытания проходили у о. Котлин, иногда под огнем противника и при неблагоприятной минной обстановке. «Владимир Полухин» вошел в состав флота в октябре 1942 г., «Василий Громов» — в сентябре следующего года (полное водоизмещение 879 т, длина 80,4 м, ширина 8,1 м, осадка 2,29 м, скорость без тралов и с тралами свыше 22 и 15 уз соответственно). Они предназначались прежде всего для проводки за тралами линкоров и крейсеров [7]. С учетом опыта войны на эскадренных тральщиках установили усиленное артиллерийское вооружение — два 100-мм орудия, три зенитных 37-мм автомата и шесть крупнокалиберных пулеметов. Тральные средства отвечали требованиям борьбы со всеми минами известных типов [3].

В ходе борьбы с минной опасностью на море возникла острая необходимость в создании новых типов кораблей и совершенствовании имевшихся. Приобретенный опыт траления и уничтожения неконтактных донных мин помог корабелам в

Тральщик «Владимир Полухин»

Малый тральщик-«стотонник»

творческом содружестве с военными моряками разработать и построить в 1943 г. малый тральщик-«стотонник». Испытания показали его хорошие мореходные и боевые качества, а плоскостные обводы и удлиненный корпус способствовали получению 14-узловой скорости. В 1944 г. на Балтийском заводе под руководством главного конструктора С. А. Базилевского был создан усовершенствованный малый тральщик, водоизмещение которого по сравнению с предшествующим несколько возросло и достигло практически 117 т (осадка более 1,3 м). Для увеличения живучести дизели разместили не в одном, а в двух машинных отделениях, тральную лебедку оснастили электродвигателем. Тральщик имел и другие конструктивные улучшения. Бронирование рубки сохранилось, дальность плавания увеличилась. Тральное вооружение составляли параван-охранитель, катерный параван-трал, электромагнитный и акустический тралы. Постройка малых тральщиков второй серии занимала значительное место в программе ленинградского судостроения вплоть до окончания Великой Отечественной войны на таких заводах, как Балтийский, им. Жданова и Петрозавод. В общей сложности здесь было построено 50 «стотонников», сыгравших важную роль в обеспечении действий флота [8].

Кроме постройки, велось интенсивное переоборудование под тралящие корабли гражданских судов. Некоторые из них приспособили под так называемые магнитные тральщики, способные уничтожать неконтактные мины. Одновременно шло размагничивание кораблей и судов для предотвращения их подрыва на магнитных минах.

С самого начала войны гитлеровцы развернули крупномасштабные минные постановки в Финском заливе, на подходах к Севастополю, в Баренцевом море и других акваториях. Особенно широко минное оружие использовалось ими на Балтике. В нарушение международного морского права еще за шесть дней до нападения на Советский Союз немцы начали в Балтийском море постановку большого минного заграждения «Вартбург», состоящего из 3 тыс. мин и минных защитников [9]. В большинстве случаев противник ставил комбинированные заграждения, состоявшие из контактных и неконтактных мин в несколько ярусов, минных защитников однократного и многократного действия, а также мин-ловушек. Чтобы уничтожить такие многоярусные препятствия, требовались героические усилия экипажей тральщиков, длительное время находившихся в море, нередко под ударами врага. Вот характерный пример: 1-й дивизион БТЩ Краснознаменного Балтийского флота осуществил до марта 1944 г. почти 160 проводок боевых кораблей за тралами, обеспечил переход в общей сложности 458 подводных и надводных кораблей, транспортов и вспомогательных судов; тральщики дивизиона участвовали в 14 минных постановках, имели 16 боевых столкновений с кораблями противника, отразили девять атак ПЛ и около 390 авиационных, сбив и повредив при этом 12 самолетов [10].

Несмотря на сложную минную обстановку, эффективно и на других флотах действовали тральные силы, численность которых в ходе войны непрерывно росла. Так, на Северном флоте в кампанию 1943 г. проводились значительные тральные работы в районе пролива Югорский Шар. Вблизи о. Диксон тральщики «Т-108» (командир старший лейтенант И. В. Пилицын) и «Т-110» (старший лейтенант В. В. Михайлин), оснащенные новейшими электромагнитными и акустическими тралами, в течение месяца обеспечили проводку за тралами 20 судов [8]. В борьбе с минной опасностью в Арктике наиболее отличился экипаж тральщика Беломорской военной флотилии «Т-110», награжденного 31 марта

Тральщики за работой

1944 г. орденом Красного Знамени. В течение навигации 1943 г. он прошел более 10 700 миль, в том числе более 3900 — с тралом, уничтожил 14 неконтактных мин самостоятельно и 25 в паре с «Т-108» и «Т-109», провел через опасные районы свыше 50 судов, имел три боевых столкновения с самолетами и одно с подводной лодкой противника [11]. Всего же за годы войны двум тральщикам и одному соединению было присвоено почетное гвардейское звание, семь тральщиков и столько же соединений награждено орденами. Эти награды — признание заслуг морских минеров в борьбе с минной угрозой.

На этих кораблях личный состав военно-морского флота ликвидировал минную опасность не только на морях, но и на некоторых озерах и реках, внеся тем самым немалый вклад в дело победы над фашистской Германией.

Литература

1. Архив ВМФ, ф. 767, оп. 2, д. 78, лл. 2-4; д.21, л. 11; л. 32; ф. 345, оп. 29, д. 2, лл. 14, 15, 22.
2. *Йолтуховский В. М., Козлов А. А.* Противоминная оборона подводных лодок Балтийского флота (1941—1945 гг.). СПб., 2007.
3. *Скороход Ю. В.* Отечественные противоминные корабли (1910—1990). СПб., 2003.
4. *Йолтуховский В. М.* Борьба с минной опасностью на Балтике (1941—1943). СПб.: ВВМУПП им. Лен. комсомола, 1997.
5. *Йолтуховский В. М., Осокин Н. В.* Противоминная оборона Северного флота (1941—1945 гг.). СПб.: Морской корпус Петра Великого, 2007.
6. *Йолтуховский В. М.* Минная война на море (1921—1945). СПб.: ВВМУПП им. Лен. комсомола, 1997.
7. Краснознамённый Балтийский флот в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг. М.: Наука, 1981.
8. *Meister I.* Der Seekrieg in den osteuropaischen Gewassern 1941—1945, 1957.
9. *Пузырёв В. П.* Беломорская военная флотилия в Великой Отечественной войне. М.: Воениздат, 1981.
10. РГА ВМФ, ф. р-4, оп. 1, д. 112, лл. 274, 275; д. 80, лл. 204, 205; ф. 441, оп. 3; д. 1485, л. 41.
11. *Хорьков Г. И.* Советские надводные корабли в Великой Отечественной войне. М.: Воениздат, 1977.

РЕЧНЫЕ МОНИТОРЫ ТИПА «ЛЕВАЧЕВ»

Л. А. Кузнецов (ООО ИПК «Гангут»),
e-mail: gangutprint@yandex.ru

УДК 629.5

Постройка речных мониторов для Днепровской военной флотилии (ДВФ) началась на заводе «Ленинская кузница» в Киеве в самом начале 1930-х гг. Один из их них, получивший наименование «Активный» (так и не спущенный на воду), был разобран на стапеле и 8 апреля 1934 г. отправлен по железной дороге в Хабаровск. Там его собрали в Осиповском затоне в мастерских Хабаровского военного порта и 23 августа спустили на воду. После достройки и испытаний 24 октября 1935 г. он вошел в состав Амурской Краснознаменной военной флотилии (АКВФ).

Пока шло его строительство, определились дальнейшие планы пополнения ДВФ корабельным составом, в частности шестью канонерскими лодками, прототипом которых стал «Активный», именовавшимися отныне мониторами. Основным назначением этих кораблей считалось участие в бою против речных сил противника, обстрел флангов и тыла его армейских сил и поддержание флангов частей Красной Армии.

Оперативно-тактическое задание (ОТЗ) на проектирование мониторов для Днепра было утверждено начальником Морских сил (наморси) В. М. Орловым 16 января 1932 г. Следовало разработать проект речного корабля с осадкой не более 0,6 м, длиной 42—45 м, с дизельной (два двигателя) энергетической установкой, со скоростью 10—12 уз и дальностью плавания полным ходом 500 км. Также признавалось желательным обеспечить ему одинаково хорошее управление как на переднем, так и на заднем ходу, а его экипаж должен был состоять из шести человек начальствующего состава и 55 краснофлотцев.

Однако в ходе детальной проработки Научный институт военного кораблестроения (НИВК) предложил два варианта проекта корабля: первый (при длине 42 м, ширине 8 м и скорости 10 уз) удовлетворял всем поставленным требованиям, кроме осадки, которая получилась 0,7 м; второй (при требуемой осадке 0,6 м), не обеспечивая заданной скорости хода, заставил пойти на чрезмерное увеличение ширины корабля, вследствие чего «получилось несуразное соотношение между кораблестроительными элементами (отношение длины к ширине как у барж меньше 4,5)», что непременно сказывалось бы на его мореходных качествах (тихоходность, рыскливость). Сами специалисты НИВК склонялись к первому варианту, считая осадку «вполне приемлемой» для нижних плесов рек Днепра и Припяти.

Тем более, что у четырех мониторов польской речной флотилии на р. Припять («Warszawa», «Horodyszcze», «Pinsk» и «Toruń»), осадка также составляла 0,7 м, (по агентурным данным 0,85 м). Следовательно, они не имели «существенных преимуществ в смысле плавания по Верхне-Днепровскому бассейну перед запроектированным монитором» и в случае боевого столкновения «не могли бы далеко уйти в верховья рек», укрываясь от новых советских кораблей.

Разработка общего проекта канонерской лодки типа «Активный», получившего обозначение СБ-37, велась в конструкторском бюро завода «Ленинская кузница» под руководством инженеров А. Б. Байбакова (начальник сектора спецпроектирования) и М. М. Бойко. Основные тактико-технические элементы и распределение статей нагрузки масс речной канонерской лодки (монитора) пр. СБ-37 приведены в табл. 1 и 2.

Теоретический чертеж монитора пр. СБ-37 — плоскодонного корабля с поднятым над основной линией на 0,7 м 4-мм броневым трапецем шириной 6 м, разрабатывался, исходя из удобства навески брони, с прямыми вертикальными бортами на всем протяжении корпуса и с тоннельным образованием кормовой оконечности для гребных винтов.

Система набора — смешанная: днище и палуба в средней части набирались по продольной системе, борта и форпик — по поперечной. В поперечном наборе использовались холостые и рамные (только по днищу и две полные рамы в машинном отделении) шпангоуты (шпация по всей

длине 500 мм), изготовлявшиеся из угловой стали.

Корпус монитора разделялся 12 водонепроницаемыми поперечными переборками (на 13 отсеков). Их дополняли водо- и нефтенепроницаемые продольные переборки между 10 и 16 шп. на расстоянии 2,18 м от ДП.

Для наружной обшивки на всем ее протяжении предусматривались стальные листы толщиной 3,5 мм, а днищевая обшивка имела местные утолщения: от носа до 10 шп., «на случай ударов о грунт или в ледоход» 4 мм, крайние листы у форштевня — 5 мм; под фундаментами главных двигателей и упорными подшипниками — 4 мм; у кронштейнов гребных валов и под тумбой боевой рубки с внутренней стороны предусматривались накладные листы толщиной 5 мм. Для двух бортовых поясьев от форштевня до транца, как и для палубы, предназначалась специальная противопульная сталь толщиной 4 мм (кроме района V отсека, где толщина составляла 16 мм).

Спаренная 102-мм артиллерийская башенная установка главного калибра МБ-2-4-45 располагалась на 31 шп. (угол возвышения ее орудий составлял 60°, снижения — 5°, скорострельность 12 выст./мин, дальность стрельбы 15 км).

Корабль управлялся из бронированной (вертикальная броня 30 мм, крыша 16 мм) восьмигранной боевой рубки (высота 2 м, размер в плане 2,5х2,5 м), закрепленной над крышей этой орудийной башенной установки, на проходящей через ее центр полой 700-мм цилиндрической вертикальной тумбе (толщина стенок 3,5 мм), вокруг которой артустановка и вращалась. По центру крыши рубки разместили 60-см прожектор типа МРП-0-6.

Артиллерийское вооружение дополняли две одноствольные универсальные башенные установки 40-К с 45-мм полуавтоматом (угол возвышения 85°) и спаренным с ним пулеметом устанавливались на 13 и 89 шп., а одноствольные пулеметные башенки (угол возвышения 80°) — на 24 и 79 шп. Управление артиллерийским огнем осуществлялось с помощью 9-футового дальномера Барра и Струда, размещенного в отдельной рубке на задней стенке башенной установки главного калибра. Для управления стрель-

Таблица 1

Основные тактико-технические элементы речной канонерской лодки пр. СБ-37

Наименование элементов	Данные
Кораблестроительные элементы	
Водоизмещение: стандартное/нормальное/полное, т	230/237/263
Главные размерения, м:	
длина между перпендикулярами (по ГВЛ)	50,0
длина наибольшая с кринолином и привальными брусьями	51,2
ширина корпуса на миделе (без обшивки)	8,0
ширина наибольшая с привальными брусьями	8,22
высота борта на всем протяжении корабля	2,1
осадка при водоизмещении: стандартном/нормальном/полном	0,73/0,75/0,83
Коэффициенты полноты: водоизмещения/грузовой ВЛ/миделя	0,789/0,875/0,995
Число тонн на 1 см осадки	3,5
Момент, дифферентирующий корабль на 1 см, тм	11,6
Момент, кренящий корабль на 1°, тм	29,6
Начальная метацентрическая высота, м	5,8
Поперечная погибь палубы, мм	200
Радиус закругления скулы, мм	300
Бронирование, мм	
Бортовая защита:	
от 0 до 27 и от 77 до 100 шп.	4
между 27 и 35/35 и 67/67 и 77 шп.	30/8/16
Палуба:	
по всей длине корабля (специальная противопульная сталь)	4
в районе погребов и подбашенного отделения 102-мм орудий	16
Траверсы на 10,16, 22, 27, 35, 67, 77, 81, 92 и 96 шп., продольные переборки в III и IX и продольные выгородки в IV и X отсеках	4
Башня 102-мм орудий: вертикальная броня/крыша	30/16
Дальномер на башне	16
Боевая рубка: вертикальная броня/крыша	30/16
Башни 45-мм полуавтоматов	Как у танка Т-28
Башенки пулеметов	6—7
Главная энергетическая установка	
Количество дизелей/мощность каждого, л. с. (при числе об/мин)	2/140 (420)
Скорость хода на тихой глубокой воде при осадке 0,75 м, уз	8,5
Запас топлива для главных и вспомогательных механизмов, т	
нормальный/полный	6,6/22
Район плавания: при нормальном запасе топлива/при полном, км	1700/6000
Артиллерийское вооружение	
Число установок х стволов в ней — калибр в мм/длина в калибрах	1х2 — 102/45 2х1 — 45/46 2х1 — 7,62 (пул.)
Боезапас, количество выстрелов на ствол (на все стволы):	
102-мм патронов	150 (300)
45-мм патронов	500 (1000)
7,62-мм патронов	5000 (10000)

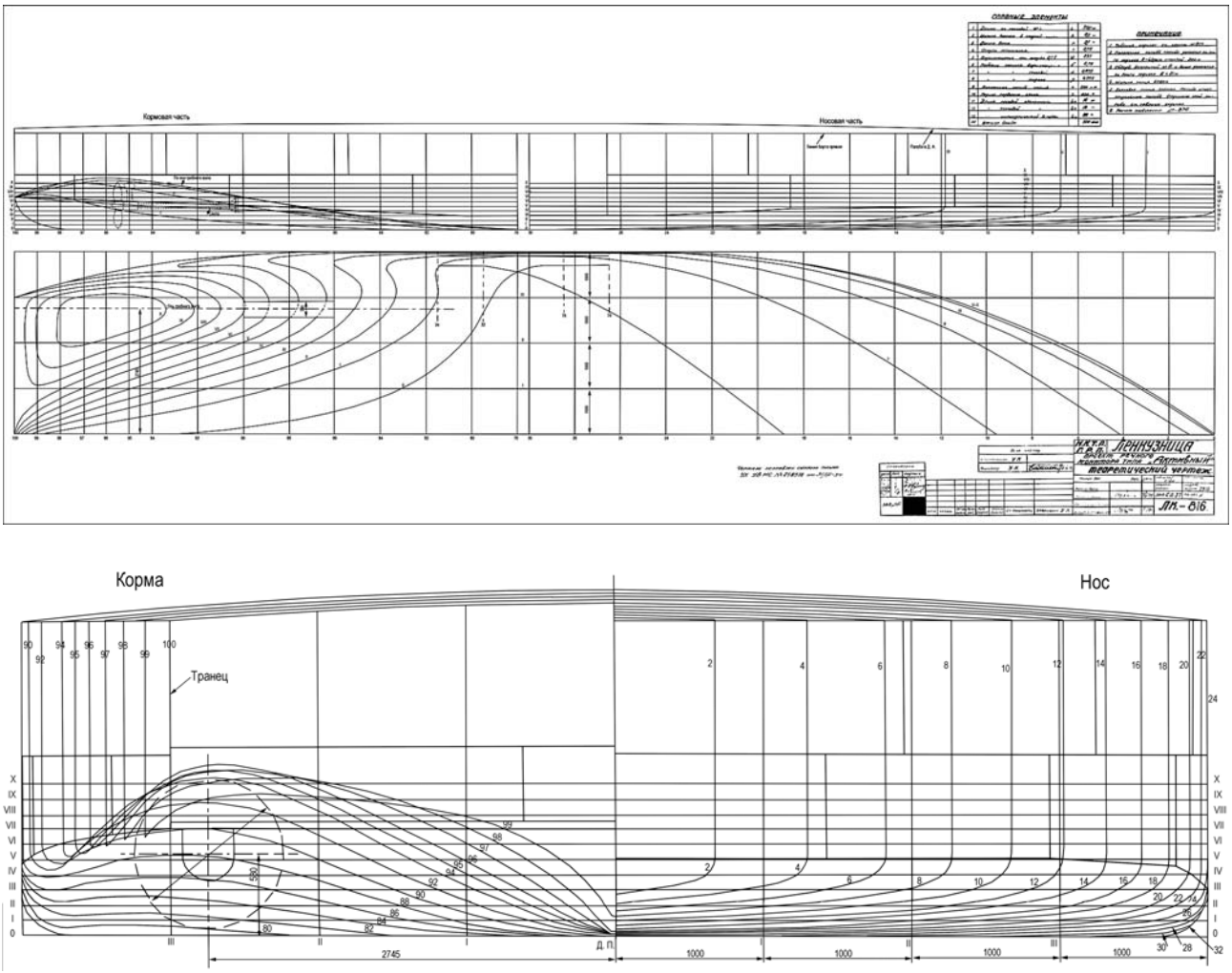
Примечание. Таблица составлена по: РГА ВМФ, ф. р-441, оп. 6, д. 414, л. 10, 11, 51, 52. Согласно техническому описанию толщина брони башни одноорудийной 45-мм установки 40-К составляла: лоб — 25 мм, бока — 20 мм, крыша — 10 мм.

Таблица 2

Распределение статей нагрузки речного монитора пр. СБ-37 при нормальном водоизмещении

Статья нагрузки	Масса, т
Корпус с оборудованием помещений, системами, судовым устройством, электрооборудованием с моторами и генераторами, радиостанцией и жидкими грузами	101,7
Бронирование (бортовое, палубное, переборок, выгородок, боевой рубки и проч.)	40,8
Вооружение: артиллерийское/химическое	48,3/2,0
Главные механизмы и их оборудование, котлы, трубопровод, вспомогательные механизмы, гребные валопроводы и винты	21,4
Топливо, вода и смазочное масло	8,8
Экипаж с багажом и провизией, снабжение, инструменты, расходные материалы	11,3
Запас водоизмещения	2,7
Водоизмещение нормальное при осадке 0,75 м	237

Примечание. Таблица составлена по: РГА ВМФ, ф. р-441, оп. 6, д. 414, л. 12, 13.



Проекции «бок», «полуширота» и «корпус» теоретического чертежа речного монитора проекта СБ-37 типа «Активный». С чертежа КБ завода «Ленинская кузница», датированного 5—6 мая 1934 г. РГА ВМФ, ф. р-441, оп. 6, д. 415, л. 2

бой по воздушным целям предназначался 1,5-м дальномер.

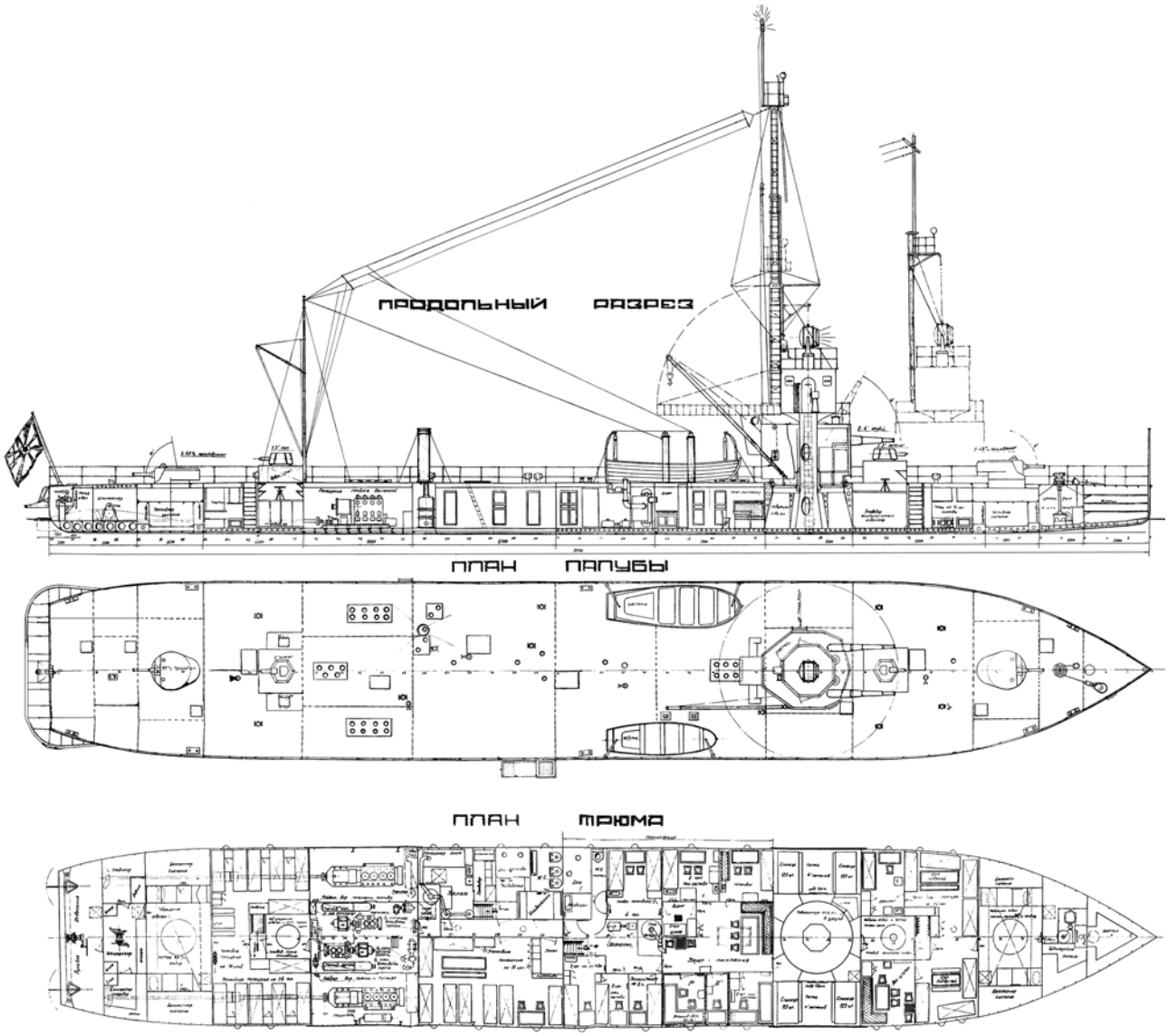
Бортовое бронирование на всем его протяжении (кроме района V и IX отсеков) состояло из двух поясьев шириной по 900 мм и опускалось ниже ватерлинии на 460 мм. Из них нижний пояс ставился на 2-мм стальную рубашку (собиралась из листов шириной 965 мм и доходила до основного бортового стрингера для «гарантии от протекания воды в трюм в случае появления трещин в броне») и постепенно сужался до 700 мм у форштевня и до 500 мм у транца.

Главная двухвальная энергетическая установка состояла из двух 4-цилиндровых двухтактных безкомпрессорных нереверсивных дизелей типа 4-Д-19/32, производство которых только начал осваивать Воронежский завод им. И. В. Сталина, мощностью по 140 л. с. при 420 об./мин, охлаждаемых забортной водой. Для обеспечения реверса предусматривалась муфта. Каждый двигатель имел по два выхлопных отверстия в борту — один над, другой под ватерлинией. Гребные трехлопастные винты диаметром 0,98 м изготовлялись из стали и хромировались, стальные кованые промежуточный, упорный и гребной валы имели диаметр 95 мм.

В число вспомогательных механизмов входили две динамо-машины (115 В, по 11 кВт каждая) с приводом от двигателей «Победа» производства одноименного завода в Мелитополе мощностью 20 л. с.; два электронасоса коловратного типа — пожарный и нефтеперекачивающий, подачей 24 и 18 т/ч соответственно, вспомогательный котел (рабочее давление пара 5 атм; поверхность нагрева 5,5 м^2) для парового отопления (имелись также и электрогрелки); ручные насосы: три типа «Гарда» (по одному для прокачки дизелей и осушения трюмов и один для котла) и один типа «Иматра» — для приема и перекачки нефти.

Рулевое устройство состояло из двух балансирных рулей площадью по 1,1 м^2, рамы которых заполнялась деревом и обшивались 2,5-мм железом. В корме для защиты рулей предусматривался «легкий кринолин с привальным брусом». Управление рулями могло осуществляться из рубки (электрическое и ручное) и из ахтерпика (ручное).

В состав якорного устройства входили: электрошпиль, мотор и редуктор которого находились в трюме, два якоря Холла (носовой 250 кг, кормовой 150 кг) с якорными канатами длиной по 50 м. Для первого из них предусматривалась стальная цепь диаметром 22 мм с контрфорсами, и втягивался он в расположен-



Продольный разрез, план верхней палубы и план трюма речного монитора проекта СБ-37 с показом двух вариантов мачты — решетчатой телескопической и обыкновенной. Фрагмент чертежа КБ завода «Ленинская кузница», датированного июнем 1935 г. РГА ВМФ, ф. р-441, оп. 6, д. 415, л. 11

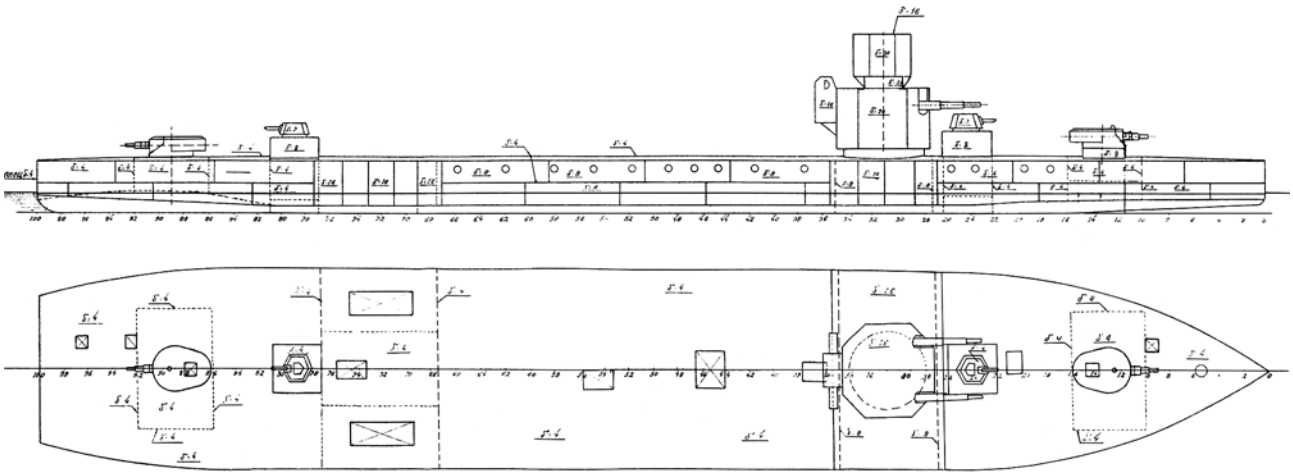
ный с правого борта клюз; для второго — 51-мм стальной трос.

Рангоут состоял из двух мачт — фок- и грот- (в документе значатся как носовая и кормовая). Первая — металлическая сварная из железной трубы с опускающейся стеньгой (полная высота со стеньгой от ГВЛ 16,7 м), марсовой площадкой на высоте 11,5 м от ГВЛ и реей крепилась к кормовой части рубки и могла заваливаться в корму; вторая — легкая деревянная (высота от ГВЛ около 10 м) с гафелем располагалась у кормовой пулеметной башенки и заваливалась в нос. Деревянными также были флаг- и гюйсшток. Кроме того, с целью увеличения высоты фок-мачты (по требованию заказчика), проектом предусматривался ее телескопический вариант, состоящей из трех секций решетчатой конструкции (общая высота от ватерлинии до марсовой площадки, на уровне которой располагалась деревянная рея — около 18,5 м, с деревянной стеньгой — около 22 м). Две ее верхние секции — выдвижные (длина каждой по 4 м), нижняя же, неподвижная (длина 5,5 м). Мачта также крепилась к задней стенке рубки и могла заваливаться в корму. Её установку следовало выполнить только на одном корабле в качестве опытной и только по получении положительных данных в ходе ее эксплуатации такую мачту намечалось установить и на другие корабли.

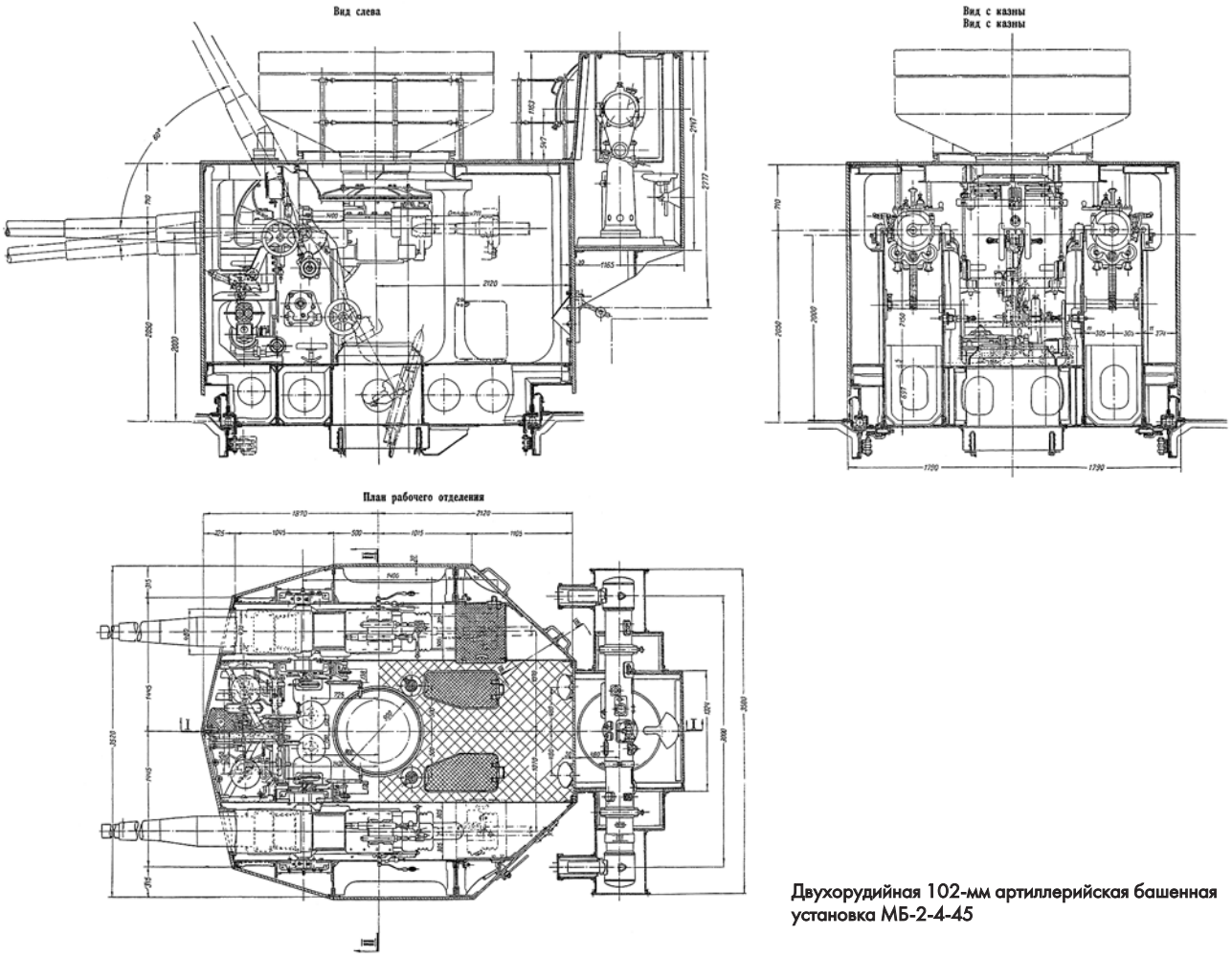
В средства связи входили одна коротковолновая радиостанция типа «Бухта» и длинноволновая — «Бриз», мощностью 50 и 10 Вт. Внутрикорабельная связь осуществлялась по телефонам и переговорным трубам. Корабль оборудовался дымаппаратурой типа ДА-2.

В состав судовых плавстредств входили две шлюпки (6- и 4-весельные), спуск на воду и подъем которых на борт осуществлялся с помощью шлюпбалок.

Помещения командного, или, как тогда говорили, начальствующего, состава располагались в VI отсеке (25—35 шп.) и включали: каюту командира, две двухместные каюты, кают-компанию и буфет. На левом борту (45—49 шп.) располагались каюта главстаршин с двумя двухярусными койками. Имелась также еще запас-



Речной монитор проекта СБ-37. Схема бронирования. С чертежа КБ завода «Ленинская кузница», датированного 5—6 мая 1934 г. РГА ВМФ, ф. р-441, оп. 6, д. 415, л. 7



Двухорудийная 102-мм артиллерийская башенная установка МБ-2-4-45

ная каюта (45—48 шп.) с правого борта. Кубрики на 14 чел. размещались в IV отсеке, на 16 — в VIII отсеке с правого борта и на 18 — в X отсеке. Палуба в жилых помещениях покрывалась 2—3-мм линолеумом.

Закладка первых трех из шести мониторов намечалась на 1933 г. Первые два планировались к сдаче 15 мая 1935 г, остальные (по два) — 1 и 15 июня следующего года. Строительство по договору от 12 февраля 1934 г. осуществлялось на заводе «Ленинская кузница» который 21 октября 1932 г. объединился с верфью им. Сухомлина в одно предприятие.

Фактически к постройке кораблей приступили в апреле—мае 1934 г.

31 июля состоялась официальная закладка всех шести мониторов (зав. № 115—№ 120). Однако корпусные работы (главный строитель Н. А. Смирнов) из-за недостатка арматуры и рабочей силы шли с отставанием от плановых сроков, как отмечалось в одном из документов: «Нет стали, мало рабочих, нет графика работ, нет технического руководства и контроля качества. Завод не уделяет достаточного внимания, прикрываясь объективными причинами».

Вместе с тем в назначении строящихся кораблей неожиданно произошли изменения — их решили передать в состав Амурской Краснознаменной военной флотилии, что потребовало увеличения скорости строящихся кораблей за счет установки на них более мощных двигателей, что влекло за собой переработку проекта, которую и поручили выполнить заводу-строителю. Одновременно ему предложили усилить и их артиллерию за счет установки динамореактивных пушек (ДРП) Курчевского.

Ознакомившись с переработанным проектом, наморси В. М. Орлов предложил скорость хода увеличить (до 13 уз на воде без течения и около 8 уз на мелководье против течения) постановкой реверсивных дизелей 38-В-8 мощностью по 685 л. с. каждый, а артиллерию усилить за счет довооружения кораблей одной 152-мм двухорудийной установкой ДРП, разместив её в средней части на тележке, позволяющей вести стрельбу на оба борта, о чем и доложил 15 мая 1935 г. наркому обороны К. Е. Ворошилову.

Внесение этих изменений приводило к увеличению стандартного водоизмещения с 236 т до 280 т, полного — с 280 т до 312 т, а также длины и осадки до 55 и 0,9 м соответственно, не говоря уже о срыве сроков постройки этих кораблей, сдача которых могла ещё более затянуться в случае утверждения измененного проекта. К. Е. Ворошилов решил не рисковать и 5 июня распорядился: «Оставить как есть и все канлодки оставить для западн[ого] театра».

К началу октября 1935 г. завершилась сборка корпусов, за исключением брони, поставка которой задерживалась Ижорским заводом. 14 декабря сроки готовности мониторов откорректировали. Сдать первый монитор завод обещал 15 апреля следующего 1936 г., второй и третий — 1 и 15 мая, четвертый, пятый и шестой — 20 июля, 20 августа и 20 сентября соответственно. Этим же договором устанавливалась «твердо-расчетная цена» 1420 тыс. руб. за корабль. Во второй половине 1935 г. удалось спустить на воду два монитора (№ 115 и № 117).

Но уже 20 января 1936 г. уполномоченный УК УМС РККА в Киеве Белецкий, оценивая ход работ, высказал опасение, что «если в самое ближайшее время не произойдет резкого усиления темпов работ по всему заказу СБ-37, то строительство этих кораблей затянется ещё на 13 месяцев». По состоянию на 1 апреля 1936 г., т. е. спустя почти два года после начала строительства мониторов, их готовность составляла: № 117 — 93,44%, № 115 — 87,65%, № 116 — 81,70%, № 118 — 59,72%, № 119 — 52,14% и № 120 — 46,86%, что не укладывалось, в оговоренные сроки. В результате начальник УК УМС РККА инженер-флагман 2-го ранга Б. Е. Алякрицкий вынужден был обратиться к руководству Главречпрома (в его подчинении находился завод в Киеве) с требованием «принять решительные, действенные меры по пресечению в дальнейшем такого безответственного отношения завода «Ленкузня», с расследованием всех указанных безобразных фактов и привлечением к ответственности виновных».

Спуск на воду четырех оставшихся мониторов прошел в целом благополучно, если не считать того, что при спуске № 116, «из-за примитивности спускового устройства» два листа днищевой обшивки его корпуса получили пробоины. Замену листов завод решил произвести на плаву с помощью изготовленного деревянного кессона.

Испытания и сдача всех мониторов, кроме последнего, проводились под их заводскими номерами, поскольку наименования им присвоили только 23 октября 1936 г. Монитор № 115 получил имя «Железняков», № 116 — «Жемчужин», № 117 — «Левачев», № 118 — «Мартынов», № 119 — «Флягин» и № 120 — «Ростовцев».

Первым для проведения приемных испытаний завод 29 июля 1936 года предъявил монитор № 117 (будущий «Левачев»), который в документах затем проходил как головной, хотя все эти корабли относили к типу «Активный».

1 августа для приемки корабля из Ленинграда в Киев выехал капитан 1-го ранга Н. К. Никонов, назначенный председателем приемной комиссии. Однако он принимал участие в приемке только первого монитора, после чего его сменил, ранее бывший у него заместителем, командир дивизиона мониторов ДВФ капитан 2-го ранга В. И. Толстик.

7—8 августа монитор № 117 перешел к г. Канев, где на плёсе в районе пристаней Прохоровка—Хрещатик (на этом же плёсе испытывались и № 115 и № 116) корабль 9 и 11 августа на отрезке около 1,5 км выполнил по два пробега (один вверх, другой вниз по реке). Наибольшая средняя скорость, которую он показал 11 августа, составила 7,77 уз (14,35 км/ч).

Недобор скорости объяснялся несколько увеличенным водоизмещением (по спецификации 233 т, на испытаниях — 238 т), увеличенным сопротивлением корпуса против принятого в расчетах (полное образование носовой оконечности вызывало на ходу значительный бурун), мелководностью района испытаний (3,5—6 м), непостоянством числа оборотов гребных винтов, связанным с недостаточным опытом обслуживания двигателей экипажем, а также заметным обрастанием подводной части корабля, спущенного на воду более года назад.

Кроме того, как отмечалось заводом (отношение от 22 сентября 1936 г.), это также явилось следствием «несоответствия элементов винтов и сопротивления корпуса». Причем составленную для проекта СБ-37 диаграмму зависимости «скорости корабля от глубины фарватера» предприятию своевременно не предоставили, что привело к внесению в проект ошибочных данных, «введшие в заблуждение ОК УМС и приемную комиссию».

При повороте одними рулями диаметр циркуляции достигал 6—7 длин корабля, причем на перекладку рулей с борта на борт вручную требовалось около 49 с, а с помощью электропривода — 37 с. При ходе по течению задним ходом корабль руля не слушался, а передним — слушался удовлетворительно.

Таблица 3

Даты спуска на воду и результаты ходовых испытаний мониторов пр. СБ-37

Наименование корабля (зав. №), командир	Дата		Водоизмещение, т	Осадка: нос/корма (средняя)	Скорость хода, уз (км/ч)	Общая мощность двигателей, л. с. (об/мин)	№ и дата подписания приемного акта
	спуска на воду	проведения испытаний					
«Железняков» (№ 115) ст. лейтенант И. Ф. Дудник	22.11.1935	21.08.1936	239	0,67/0,81 (0,75)	7,94 (14,7)	312 (428)	№ 212 21.10.1936
«Жемчужин» (№ 116), ст. лейтенант Е. З. Баст	23.05.1936	26.10.1936	237	0,71/0,8 (0,755)	7,55 (13,98)	282 (430)	№ 225 04.11.1936
«Левачев» (№ 117), ст. лейтенант Б.И. Козлов	1935	11.08.1936	238	0,7/0,81 (0,755)	7,77 (14,35)	261 (410)	№ 211 11.10.1936
«Мартынов» (№ 118), ст. лейтенант В. А. Кринов	07 или 08.1936	14.11.1936	237	0,74/0,78 (0,76)	8,14 (15,08)	307 (440)	№ 243 28.11.1936
«Флягин» (№ 119), ст. лейтенант В. В. Бондарец	18.09.1936	26.12.1936	238	0,73/0,79 (0,76)	7,25 (13,4)	256 (410)	№ 247 30.12.1936
«Ростовцев» (№ 120), воентехник 2-ранга К. П. Кузьмин	24.10.1936	29.04.1937	238	0,74/0,78 (0,76)	7,85 (14,5)	293 (430)	№ 248 13.05.1937

Примечания. Таблица составлена по: РГА ВМФ, ф. р-890, оп. 1, д. 272, л. 1, 3, 23, 43; д. 273, л. 2, 14, 15, 16; д. 274, л. 1, 2,12; д. 275, л. 2, 3, д. 276, л. 3, 12, 27; д. 297, л. 4, 5, 19, 13, 21.

По монитору «Ростовцев» приведены данные испытаний на максимальный ход. Средняя же скорость полного хода у него составила 7,7 уз (14,25 км/ч) при мощности двигателей 267 л.с. и 415 об/мин.

Отстрел артиллерии главного калибра показал в ряде мест слабость набора корпуса и только после выполнения работ по его подкреплению и вторичного (28 сентября) отстрела 102-мм орудий, а также завершения ряда других работ, 11 октября 1936 г. по монитору № 117 был подписан приемный акт.

Вторым испытания на полный ход в том же районе 21 августа прошел монитор № 115, развивший скорость 7,94 уз.

Несколькими днями ранее (19 и 20 августа) на нём произвели отстрел 102-мм орудий (было сделано 14 выстрелов боевым зарядом и шесть — уменьшенным), показавший, как и на мониторе № 117, необходимость произвести подкрепление судового набора, а также то, «что самым слабым местом» корабля «является конструкция подкрепления боевой рубки, расположенной над башней, — возможно при повреждении заклинивание башни главного калибра».

Кроме того, на ходу и во время стоянки от воздействия внешних сил (ветер, передвижение в рубке личного состава и др.), боевая рубка раскачивалась до 5 мм.

Приемный акт государственных испытаний монитора № 115 (будущий «Железняков») был подписан 21 октября 1936 г., спустя шесть дней (27 октября) он вступил в строй, а 6 ноября на нем подняли Военно-морской флаг СССР и корабль вошел в состав ДВФ.

Практически аналогичным образом проходили сдаточные испытания и остальных кораблей (табл. 3). Из них наибольшую скорость (8,14 уз) на ходовых испытаниях 14 ноября на плёсе Прохоровка—Секарно развил монитор № 118 («Мартынов»).

Последним (уже в следующем году) был сдан монитор «Ростовцев» (№ 120). На нем решили провести и испытание опытной телескопической мачты, изготовление которой завод планировал завершить одновременно с монитором.

Из-за дефектов в двигателях корабль приняли «условно с ограничением по боеготовности», а его башенную установку главного калибра так и не приняли из-за неготовности ее оборудования. Отмеченные приемной комиссией недостатки и дефекты завод в целом устранил только к середине августа.

Дальность плавания кораблей с полным запасом топлива, вычисленная по результатам испытаний, составляла 5000 км для монитора «Левачев» и 4700 км для всех остальных.

На всех кораблях также отсутствовали 45-мм башенные установки 40-К (во время испытаний на мониторах временно монтировался имевший в наличии её опытный образец), а на двух (№ 119 и № 120) на момент сдачи — и пулеметные башенки.

На трех мониторах (№ 118, № 119 и № 120) по состоянию на 26 декабря 1936 г. отсутствовали дальномеры, в том числе и для зенитной артиллерии и стрельбы по берегу. Не было и полного комплекта радиооборудования. Забракованную хромировку гребных винтов следовало сделать заново. Все отмеченные недостатки заводу надлежало устранить к навигации 1937 г.

К концу ноября 1936 г. наморси флагман флота 1-го ранга В. М. Орлов утвердил приемочные акты по первым трем кораблям, 8 декабря того же года по монитору «Мартынов», а 20 января и 19 октября 1937 г. — по двум последним — «Флягину» и «Ростовцеву».

По вступлении в строй «Жемчужин», «Мартынов» и «Ростовцев» вошли в состав 1-го, остальные — 2-го дивизиона мониторов ДВФ. Однако недостаточная скорость кораблей не устраивала командование ДВФ, а потому практически сразу стал вопрос об их модернизации (трех в 1939—1940 гг. и трех в 1940—1941 гг.).

Помимо установки новых дизелей 6-РД-19/32 мощностью по 210 л. с. (только двигатели этой марки не требовали больших корпусных работ), увеличивавших скорость на 0,7—0,8 уз, одновременно предлагалось 45-мм одноорудийные установки К-40 заменить на двухорудийные К-41 того же калибра, а 7,62-мм одноствольные пулеметные башенки — на 12,7-мм спаренные; металлическую мачту сменить на более легкую деревянную.

Выполнение этих других работ увеличивало осадку мониторов до

Монитор «Железняков». 1944 г.

0,82—0,83 м, тем не менее Управление кораблестроения сочло их проведение целесообразным, сдвинув, правда, на год сроки их выполнения.

С присоединением к СССР Бессарабии создается Дунайская военная флотилия (ДуВФ), в которую 8 июля 1940 г. включили «Железняков» и весь 1-й дивизион днепровских мониторов. 17 июля того же года ДВФ переименовали в Пинскую военную флотилию, в которую вошли «Левачев» и «Флягин».

В связи с перебазированием мониторов на Дунай, получаемые ими, в случае модернизации, элементы, становились «совершенно неудовлетворительными и в отдельных районах Дуная, в силу малой скорости, корабли не могут двигаться на течение». Кроме того, они оставались «слабыми по сравнению с вероятными противниками (артиллерия, бронирование, скорость)».

Начальник УК инженер-контр-адмирал И. В. Исаченков в своем докладе от 19 сентября 1940 г. на имя зам. наркома ВМФ СССР адмиралу И. С. Исакову отметив, что на модернизацию двух кораблей ушло бы около года и порядка 3 млн руб. на каждый с учетом замены дизелей на 38-КР-8 (дававших увеличение скорости до 1 уз), что к тому же требовало «перепланировки внутри и переделки корпусов мониторов», т. е. производства их полной перестройки предложил ограничиться лишь предлагаемой заменой 45-мм артиллерии и пулеметов, с чем И. С. Исаков на следующий день и согласился.

В итоге из двух 45-мм установок на двухорудийную заменили лишь носовую. Ещё в 1939 г. вооружение мониторов дополнили одной счетверенной пулеметной установкой М-4 (четыре пулемета «Максим»).

Пять из шести мониторов пр. СБ-37 погибли в первые месяцы Великой Отечественной войны — 12 августа 1941 г. в районе деревни Тарасовка был взорван экипажем приткнувшийся к берегу из-за поврежденных накануне в бою механизмов и израсходовавший весь боезапас «Жемчужин», а 18 сентября взорваны личным составом «Мартынов» (в 4 км выше селения Благовещенское, из-за невозможности прорваться в Черное море), «Левачев», «Ростовцев» и «Флягин» (при оставлении советскими войсками Киева).

«Железняков» прошел всю войну и закончил её в той же ДуВФ, а в 1967 г. был установлен в качестве памятника-мемориала в Киеве.

Отчасти по этой причине в исторической литературе мониторы пр. СБ-37 относят к типу «Железняков», несмотря на то, что головным кораблем был «Левачев».

Литература

Алексеев И., Маринушкина В. Хроники монитора «Железняков». Киев, 2000.
Давыдов Ю. В., Кузнецов Л. А. Речные мониторы типа «Железняков»//Гангут. 2014. Вып. 83.
История отечественного судостроения. Т. IV. СПб.: Судостроение, 1995.
Платонов А. В. Энциклопедия советских надводных кораблей. 1941—1945. СПб.: Полигон, 2002.
РГА ВМФ, ф. р-441,оп. 5, д. 180; оп. 6, д. 414; оп. 14, д. 11, 32, 144; оп. 16, д. 98, 218, 242; ф. р-840, оп. 22, д. 306; ф. р-890, оп. 1, д. 272, 273, 274, 275, 276, 297; ф. р-914, оп. 1, д. 54; ф. р-1483, оп. 1, д. 293, 334; оп. 3, д. 100.
Спичаков В. А. В тени «Железняков»//Морская компания. 2009. № 7.

РЕФЕРАТЫ

УДК 623.827:621.039.515 **Ключевые слова:** комплексная система управления, ядерная энергетическая установка, паротурбинная установка, парапроизводящая установка, атомная подводная лодка.

Замуков В. В., Некрылова Ю. С. О структуре системы управления ядерной энергетической установкой атомной подводной лодки и её месте в составе комплексной системы управления техническими средствами корабля//Судостроение. 2015. № 5. С. 13—14.

Рассматривается структура системы управления ядерной энергетической установкой атомной подводной лодки, предлагаются варианты ее усовершенствования в соответствии с теорией автоматического регулирования, а также излагается вопрос о статусе системы управления ядерной энергетической установкой в составе комплексной системы управления техническими средствами корабля. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.78:629.12 **Ключевые слова:** автоматизированный комплекс связи, светосигнальная связь, корабельный светосигнальный прожектор, оптическая линия связи.

Катанович А. А. Перспективы создания автоматизированного корабельного комплекса светосигнальной связи//Судостроение. 2015. № 5. С. 15—17.

В статье предлагается создание перспективного корабельного комплекса светосигнальной связи, обеспечивающего высокоскоростную оптическую линию связи между надводными кораблями и береговыми объектами. Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

УДК 623.82(1-87) **Ключевые слова:** военное кораблестроение, иностранные ВМС, кораблестроительная программа, тактико-технические элементы.

Сагайдаков Ф. Р., Чернецова Н. А., Гурьянов С. К. Зарубежные ВМС. Современное состояние и перспективы развития эскадренных миноносцев//Судостроение. 2015. № 5. С. 18—23.

Очередная из серии статей о современном состоянии и перспективах развития зарубежных ВМС посвящена эскадренным миноносцам. Ил. 2. Табл. 3.

УДК 629.561.5:629.5.015.2 **Ключевые слова:** ледовое сопротивление, торосистое образование, ледокол, моделирование движения судна, метод расчета.

Костылев А. И., Сазонов К. Е. Метод расчета сопротивления судна при работе набегами//Судостроение. 2015. № 5. С. 24—27.

Рассматривается метод расчета сопротивления судна при работе набегами. Разработан алгоритм расчета сопротивления судна. Составлена схема и проведено моделирование работы судна набегами для двух типов торосистых образований. Сделан вывод о возможности применения представленного метода в первом приближении решения задачи о работе судна набегами. Ил. 4. Библиогр.: 8 назв.

УДК 629.562.2.01 **Ключевые слова:** БМРТ, СРТМ, критерии, оптимизация, промысловая и производственная производительность.

Чулков А. М., Семёнов А. А. О критериях эффективности принимаемых решений при проектировании траулеров, совмещающих добывающие и обрабатывающие функции//Судостроение. 2015. № 5. С. 27—31.

Рассматриваются критерии эффективности принимаемых решений при проектировании траулеров-рыбозаводов. К техническим критериям отнесены: коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту, число Фруда, отношения L/B, B/T, H/L. Рассмотрены три группы судов: БМРТ дедвейтами 2400, 1600 и СРТМ дедвейтом 800 т. За экономический критерий предлагается принять промысловую производительность — максимальный улов за сутки лова. Приводится методика расчёта улова траулера за сутки лова. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 20 назв.

УДК 629.563.5.001.26 **Ключевые слова:** многоцелевое судно, критерии оптимизации, верхнее строение.

Баширов Р. Д., Керимли Р. А. Системный анализ и критерии оптимизации верхнего строения многоцелевого кранового судна//Судостроение. 2015. № 5. С. 31—32.

Работа посвящена выбору критериев оптимизации верхнего строения перспективного многоцелевого кранового судна, предназначенного для обслуживания объектов морского нефтепромысла и установленного на судне технологического оборудования. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.03-8 **Ключевые слова:** сжиженный природный газ, повышение КПД, газотурбинные, парогазовые установки, газовозы, морские ледоколы.

Шатровский Д. А. Перспективные энергетические установки большой мощности для морских судов//Судостроение. 2015. № 5. С. 33—35.

Возможности повышения коэффициента полезного действия (КПД) основных типов применяемых мощных энергетических установок морских судов практически исчерпаны. Появившаяся перспектива использования природного газа в качестве топлива на судах морского топлива позволяет использовать парогазовые установки, КПД которых превышает 50%. В первую очередь такие установки могут быть применены на газовозах LNGC. Большой экономический эффект может быть получен при использовании их на мощных морских ледоколах. В связи с этим необходимо безотлагательно приступить к проектным работам в этом направлении. Ил. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.314.21 **Ключевые слова:** беспроводная передача электроэнергии, резонансный приёмник, взаимоиндукция.

Гринёва А. О., Тепляков М. В., Хазиева М. Д. О тепловых потерях в трансформаторе с разделяемым сердечником//Судостроение. 2015. № 5. С. 36—37.

Предложена конструкция сердечника, способного снизить потери при возможном смещении осей в случае неточного позиционирования объектов по отношению друг к другу. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621-752:629.5 **Ключевые слова:** пневматические амортизаторы, жёсткость, подкачка.

Волкова Н. В., Голованов В. И., Никишов С. Ю., Куличкова Е. А. Результаты экспериментальных исследований влияния способа подкачки пневматических амортизаторов на их жёсткостные характеристики//Судостроение. 2015. № 5. С. 38—40.

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния способа подкачки пневматических амортизаторов на их жесткостные характеристики. Ил. 5. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 536.24 **Ключевые слова:** интенсификация теплообмена, гидравлическое сопротивление, судовая энергетическая установка, расчет теплообменника.

Медведев В. В., Лакиза М. В. Интенсификация теплообмена в трубном пространстве и повышение надёжности судовых теплообменных аппаратов//Судостроение. 2015. № 5. С. 40—42.

Представлены результаты экспериментальной интенсификации конвективного теплообмена в трубе, выполненной на экспериментальной установке компании «Н—Пром Бюро» и при поддержке компаний HTRI и «Нева—Теплотехника». Приведены результаты расчетов поверхности теплообмена судовых маслоохладителей в программной обеспечении Xchanger Suite v. 7.1. компании HTRI. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

УДК 621.791.754.03:629.5.024 **Ключевые слова:** прочный корпус, сварка, автоматическое регулирование.

Ерёмин А. М., Никитин В. А., Гольнев В. А. Автоматы для стыковой сварки толстостенных корпусных конструкций//Судостроение. 2015. № 5. С. 43—46.

В статье рассматриваются вопросы автоматизации стыковой сварки в защитном газе в щелевую разделку с принудительным формированием шва толстостенных корпусных конструкций, в частности, прочных корпусов подводных лодок. Рассматривается конструкция автоматов вертикальной сварки «Ритм—2С» и «Вымпел», более 30 лет успешно эксплуатирующихся на одном из предприятий отрасли, и их модернизированного варианта «Вертикаль-С» и «Вертикаль-Н». Отмечаются проблемы, связанные с автоматизацией процесса стабилизации уровня сварочной ванны. Описывается способ решения проблемы на основе внедре-

ния разработанной системы управления на принципах нечёткой логики. Ил. 7.

УДК 658.53:629.5

Ключевые слова: нормы и нормативы труда, техническое нормирование труда, техника, технология и организация труда, производственный процесс, конкурентоспособность, производительность труда, сокращение издержек, эффективность производства, аппроксимация, адаптация.

Кравчишин В. Н., Кабанов Д. Б., Шевяхов В. Н. Нормирование труда —инструмент управления производством//Судостроение. 2015. № 5. С. 47—50.

В статье дана оценка отраслевой системы нормирования труда для выстраивания принципов, подходов и обоснований корреляционной зависимости от технического перевооружения, модернизации и создания высокопроизводительных рабочих мест. Выполнен анализ технического обоснования норм труда, их напряженности и стимулирующей роли по увеличению производительности труда. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.322:629.5.024.004 **Ключевые слова:** автоматизированные информационные системы, система технического обслуживания и ремонта, судовые корпусные конструкции.

Сутырин В. И. Логистические аспекты автоматизированного инженерного анализа в системе технического обслуживания и ремонта судовых корпусных конструкций//Судостроение. 2015. № 5. С. 51—57.

Рассматриваются вопросы применения автоматизированных информационных систем инженерного анализа прочности в системе технического обслуживания и ремонта корпусов морской техники. Статья содержит предложения по организации систем автоматизированного инженерного анализа повреженных корпусных конструкций и встраиванию подобных систем в системы управления знаниями. Предложенные системы могут найти применение в целях оказания экстренной инженерной помощи судам, терпящим бедствия, а также при проведении экспертизы аварийных случаев. Ил. 16. Табл. 4. Библиогр.: 13 назв.

УДК 62.004.58:629.5 **Ключевые слова:** технические средства, транспортный флот, безразборная диагностика.

Османов В. О., Дроботов Г. Г., Амиров А. Г., Османов М. И. Диагностика технических средств на судах транспортного флота ЗАО «АКМП»//Судостроение. 2015. № 5. С. 58—60.

Разработана методика определения технического состояния судов транспортного флота в эксплуатации путем применения безразборной технической диагностики, позволяющая снизить расходы и трудозатраты при техническом обслуживании и ремонте. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** военное судостроение, кораблестроительная программа, тральщики.

Йолтуховский В. М. Тральщики ВМФ СССР в предвоенные и военные годы//Судостроение. 2015. № 5. С. 73—78.

Повествуется о строительстве тральщиков, переоборудовании под тралящие корабли гражданских судов, успешном применении их в годы Великой Отечественной войны. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** военное кораблестроение, речные мониторы.

Кузнецов Л. А. Речные мониторы типа «Левачёв»//Судостроение. 2015. № 5. С. 78—85.

О создании речных мониторов типа «Левачёв» в 40-е годы XX века. Ил. 5. Табл. 3. Библиогр.: 6 назв.

ABSTRACTS

Keywords: complex control system, nuclear power plant, steam-turbine plant, steam-generating plant, nuclear powered submarine.

Zamukov V. V., Nekrylova Yu. S. Structure of nuclear power plant control system at nuclear powered submarine as part of complex control system for submarine's technical equipment

This article analyzes structure of nuclear power plant control system at nuclear powered submarine, its advancement options and status as part of complex control system for submarine's technical equipment.

Keywords: automated communication system, lamp communication, shipboard signal lamp, optical line.

Katanovich A. A. Prospects for creation of automated lamp communication system onboard the ship

The author hereby proposes to create advanced lamp communication system onboard the ship to provide high-speed optical communication between surface ships and onshore facilities.

Keywords: naval shipbuilding, foreign Navy, shipbuilding program, specifications.

Sagaidakov F. R., Chernetsova N. A., Guryanov S. K. Foreign Navies. Current state and development prospects for destroyers

This article is part of series describing current state of foreign Navies. It analyzes development prospects for destroyers.

Keywords: ice resistance, hummocks, ice-breaker, ship motion simulation, calculation method.

Kostylev A. I., Sazonov K. E. Calculation of ship resistance for hit-and-run operation

The author hereby analyzes method of ship resistance calculation for hit-and-run operation. This article contains ship resistance calculation algorithm, diagram and simulation of ship's hit-and-run operation against two types of hummocks. The author concludes, that in first approximation this method can be used for hit-and-run operations.

Keywords: large refrigerator trawlers, medium refrigerator trawlers, criterion, optimization, fishing and production performance.

Chulkov A. M., Semenov A. A. Efficiency criterion of design solutions for fish processing trawlers

This article reviews efficiency criterion of design solutions for fish processing trawlers. These criterion include: deadweight effi-

ciency, Fr number, L/B, B/T, H/L ratios. Three groups of vessels are analyzed: large refrigerator trawlers of 2400, 1600 t deadweight and medium refrigerator trawler of 800 t deadweight. Economic criterion is hereby equal to fishing performance i.e. maximum fare per day. Calculation method for the same is provided.

Keywords: multipurpose vessel, optimization criteria, superstructure.

Bashirov R. D., Kerimli R. A. System analysis and optimization criterion for superstructure of multipurpose crane vessel

This article highlights optimization criterion for superstructure of advanced multipurpose crane vessel designed to service offshore platforms and shipboard equipment.

Keywords: liquid natural gas, efficiency improving, gas-turbine plants, combined-cycle plants, LNG-carriers, sea ice-breakers.

Shatrovsky D. A. Advanced high-power plants for sea-going vessels

Existing high-power plants at sea-going vessels have almost exhausted their efficiency improving capabilities. However, advanced high-power plants run on natural gas, thus providing efficiency above 50%. Such plants can firstly be used by LNG-carriers. It is also feasible to use them at high-power sea ice-breakers. Therefore, design works in this area must start as soon as possible.

Keywords: wireless power transfer, resonance receiver, mutual induction.

Grinyova A. O., Teplyakov M. V., Khazieva M. D. Practical experience and issues of wireless power transfer

The authors hereby describe known methods for wireless power transfer above surface and under water. Provided are results of practical research of designed and manufactured prototype capable to transfer several kW's under water between two objects. Proposed is structure of loss reducing core in case axes shift due to object mispositioning.

Keywords: air damper, hardness, swapping.

Volkova N. V., Golovanov V. I., Nikishov S. Yu., Kulichkova E. A. Experimental survey: swapping methods and their influence on air damper hardness

This article indicates results of experimental surveys regarding swapping methods and their influence on air damper hardness.

Keywords: heat exchange intensification, hydraulic resistance, ship power plant, heat exchanger calculation.

Medvedev V. V., Lakiza M. V. Intensification of heat exchange and improvement of reliability of shipboard heat exchangers

Given are results of experimental intensification of convective heat exchanging in pipe installed at pilot plant made by «N-Prom Buro» company with assistance of HTRI and «Neva-Teplotekhnika» company. This article indicates calculation results for heat exchanging of shipboard oil coolers in XchangerSuite v. 7.1 software developed by HTRI company.

Keywords: pressure hull, welding, automatic adjustment.

Eryomin A. M., Nikitin V. A., Golnev V. A. Welding machines for butt welding of heavy-wall hull structures

This article analyzes automation issues of groove butt welding in shielding gas environment with forced forming of welding seam on heavy-walls, particularly submarine's pressure hulls. The authors highlight design of vertical welding machines «Ritm-2C» and «Vympel» which have been successfully operated on site for more than 30 years together with their advanced versions: «Vertical-C» and «Vertical-N». Described are automation issues for welding bath stabilization and possible solutions, such as implementation of control system on fuzzy logic basis.

Keywords: labor standards, labor setting, labor technology and organization, production procedure, competitive ability, labor performance, cost reduction, production efficiency, approximation, adaptation.

Kravchishin V. N., Kabanov D. B., Shevyakhov V. I. Labor setting as part of production management

This article evaluates industry labor setting system to form principles, approaches and justification of correlation dependence from retrofitting, modernization and jobs creation. The authors analyze technical justification of labor standards, their intensity and stimulation to increase production performance.

Keywords: automated information systems, maintenance and repair system, hull structures.

Sutyrin V. I. Logistic aspects of automated engineering analysis in maintenance and repair system for hull structures

This article reviews issues in application of automated information systems of structure strength analysis for maintenance and repair of ship hulls. The authors set proposals on organization of systems for automated engineering analysis of damaged hull structures and their implementation into knowledge management systems. These systems can be used for emergency rescuing of ships in distress or for emergency cases analysis.

Keywords: technical facilities, cargo fleet, in-place diagnostics.

Osmanov V. O., Drobotov G. G., Amirov A. G., Osmanov M. I. Diagnostics of technical facilities of transport vessels of CJSC «AKMP»

The author hereby describes new in-place diagnostics method used to define technical state of transport fleet and therefore to reduce expenses and labor costs for maintenance and repair or diagnostics.

Keywords: naval shipbuilding, shipbuilding program, trawlers.

Yoltukhovsky V. M. USSR Navy trawlers before and during the war

This article narrates about construction of trawlers, overhauling of civil ships into trawler and their successful operations during the Great Patriotic War.

Keywords: history, river monitor.

Kuznetsov L. A. River monitors of «Levachev» type

The history of the river monitors in 40th years of the last century.