СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3
2013
май–июнь

ISSN 0039–4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ

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

3•2013
(808) май–июнь

Издается с сентября 1898 г.

ПРЕЗИДЕНТ
НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова
и Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленобласти
Александров В. Л.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Пашин В. М. — научный руководитель — заместитель генерального директора ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Алешкин А. Н. — генеральный директор ОАО «ЦТСС»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Горынин И. В. — президент — научный руководитель ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»
Дорофеев В. Ю. — генеральный директор ОАО 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 ОАО «Центр судоремонта "Звездочка"»
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 ОАО СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — директор Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга
Шаталов В. В. — генеральный директор ОАО КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — генеральный директор — генеральный конструктор ОАО ЦМКБ «Алмаз»
Юхнин В. Е. — генеральный конструктор ОАО «Северное ПКБ»

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

РЕДАКТОР ОТДЕЛА
Афонин Н. Н., тел. (812) 7861609

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

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ
ОАО «ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА»
www.sstc.spb.ru

© Журнал «Судостроение», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Совещание о перспективах развития ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» 3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 5

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Томилин С. А., Ясаков Г. С. Проблемы создания кораблей с электродвижением 11
Русин А. С., Серафимович П. О, Скориантов Н. Н., Костиков Е. А. Тенденции развития безэкипажных катеров 15
Быстров Б. В., Пироженко В. А. Методологические основы обоснования концепций самоходных автономных необитаемых подводных аппаратов 17
Соловьев С. Н. Комплексный подход к архитектурно-художественному проектированию корабельных помещений 20

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Медведев В. В., Семионичев Д. С. Определение тяжести последствий отказа элементов в процессе прогноза риска эксплуатации СЭУ 25
Плавник П. Г., Лерман Е. Ю. Российские высокооборотные дизели — сегодня и завтра 27
Шевченко В. Г., Швеев В. И., Марчук А. Ю. Основы прогнозирования технического состояния оборудования ядерной энергетической установки 30
Петров С. А., Неевин С. М., Соколова Л. Б. Совершенствование корабельных ЯЭУ зарубежных государств 33

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

Лазаревский Н. А., Тепляков М. В. Нормативные требования по величинам протечек для устройств уплотнения и результаты опытов с некоторыми уплотнительными материалами 38
Цветков С. В., Царенко А. Г. Перспективы создания систем предаварийного контроля для подводных лодок 39
Круглеевский В. Н., Полуляхов Д. С. Анализ возможности использования беспроводной передачи информации в судовых системах контроля технических средств 41

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Калюжный Б. Б. Автоматизация процессов послепродажного обслуживания сложной техники 44

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Орыщенко А. С., Малышевский В. А., Хлусова Е. И. Современные конструкционные стали для Арктики 46

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Герасимов Н. И., Грачев И. В., Долматов М. А., Канаев Д. Н., Лямин П. Л., Михайлов А. О. Основные направления дальнейшего развития модульно-агрегатного метода при проектировании и постройке объектов морской техники 50
Огнев Н. В., Галочкин Д. А., Бурмистров Е. Г. Обоснование методологических принципов создания оптимизационной модели производственного процесса 53
Никитин В. А. Линии изготовления плоских секций в судостроении 57
Морозов К. Н., Усманов Д. В. Современный программный комплекс для расчета технологических параметров центровки валопроводов 61

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Куликов К. Н., Ледин М. Т., Добровенко С. В., Медников М. В., Мишнёв А. М., Мокеев И. А., Петров С. А., Тазов А. С. Опыт утилизации аварийных АПЛ с поврежденной энергетической установкой 66
Болховитин Ю. С., Межевитинов А. Ю. Организация судоремонта в современных экономических условиях 68
Хаустов А. Н. Конференция по судоремонту 70

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Афонин Н. Н. Спасательно-поисковое судно «Коммуна» — 100 лет в списках флота (72). **Середохо В. А.** В. А. Емельянову — 90 лет! (75). Зарубежная информация (76). Корвет «Бойкий» передан Балтийскому флоту (10)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Баскаков И. Я. Опытные торпедные катера повышенной мореходности Г-8 и СМ-4 78
Кокцинский И. М. Прибор лейтенанта Фролова 82
Клевакин Б. Д. О новаторском опыте России в области создания подводного флота 84

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

3•2013
(808) May–June

Published since September 1898

CONTENTS

The meeting on the prospects of the JSC «United Shipbuilding Corporation» 3

AT THE SHIPBUILDING YARDS 5

NAVAL SHIPBUILDING

Tomilin S. A., Yasakov G. S. Problems of creation of ships with electric motion 11

Rusin A. S., Serafimovich P. O., Skoriantov N. N., Kostikov E. A. Trends in the development of unmanned boats 15

Bystrov B. V., Pirozhenko V. A. Methodological basis of justification of self-propelled self-contained unmanned submersible vehicles concepts 17

Solovyov S. N. Integrated approach to architectural and artistic design of naval ship compartments 20

MARINE POWER PLANTS

Medvedev V. V., Semionichev D. S. Determination of elements failure effects in the process of operation risk prediction 25

Plavnik P. G., Lerman E. Yu. Russian high-speed diesel engines today and tomorrow power plant equipment technical condition 27

Shevchenko V. G., Shveyev V. I., Marchuk A. Yu. Rrinciples of forecasting of nuclear power plant equipment technical condition 30

Petrov S. A., Neyevin S. M., Sokolova L. B. Improving of marine nuclear power plants of foreign countries 33

SHIPBOARD SYSTEMS

Lazarevsky N. A., Teplyakov M. V. Normative requirements of the leakage rate of sealing devices and the results of experiments with some sealing materials 38

Tsvetkov S. V., Tsarenko A. G. Prospects of creation of preliminary control systems for naval submarines 39

Krugleyevsky V. N., Polulyakhov D. S. Analysis of possible use of wireless communication in marine hardware control systems 41

INFORMATION TECHNOLOGIES

Kalyuzhny B. B. Sophisticated equipment after-sales services automation 44

SHIPBUILDING MATERIALS

Oryschenko A. S., Malyshevsky V. A., Khlusova E. I. Modern structural steel for the Arctic 46

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY

Gerasimov N. I., Grachov I. V., Dolmatov M. A., Kanaev D. N., Lyamin P. L., Mikhaylov A. O. The main trends of further development of modular-assembly method for design and construction of marine facilities 50

Ognev N. V., Galochkin D. A., Burmistrov E. G. Justification of the methodological principles of creating an optimization model of the production process 53

Nikitin V. A. Lines of flat sections production in shipbuilding 57

Morozov K. N., Usmanov D. V. Modern software to calculate shafting alignment process parameters 61

SHIPREPAIR AND UTILIZATION

Kulikov K. N., Ledin M. T., Dobrovenko S. V., Mednikov M. V., Mishnyov A. M., Mokeyev I. A., Petrov S. A., Tazov A. S. Experience of utilization of damaged nuclear submarines with damaged power plant 66

Bolkhovitin Yu. S., Mezhevitinov A. Yu. Organization of shiprepair in modern economic environment 68

Khaustov A. N. Conference on shiprepair 70

INFORMATION SECTION

Afonin N. N. Searching and rescue vessel «Kommuna» — listed in the fleet for 100 years (71). **Seredokho V. A.** V. A. Emelyanov — 90 years old! (75). Foreign news (76). Corvette «Boykiy» was delivered to the Baltic Fleet (10)

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Baskakov I. Ya. Prototype torpedo boats with increased seaworthiness Г-8 and СМ-4 78

Koktsynsky I. M. The device by lieutenant Frolov 82

Klevakin B. D. On the innovative experience of Russia in the development of undersea fleet 84

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 и 2-й стр. обложки — фото А. Н. Хаустова; на 3-й стр. — фото из собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — в гавани Васильевского острова Санкт-Петербурга во время МВМС-2011 (фото А. Н. Хаустова)

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—2012 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
И. Н. Самохвалова

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 17.06.2013 г.
Каталожная цена 100 руб.

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

Тираж 1000 экз.

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

СОВЕЩАНИЕ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ»

21 мая 2013 г., Сочи.

Президент России В. В. Путин провел совещание о состоянии и перспективах развития открытого акционерного общества «Объединенная судостроительная корпорация». Открывая совещание, глава государства сообщил, что новым руководителем корпорации назначен Владимир Иванович Шмаков.

На совещании о перспективах развития Объединенной судостроительной корпорации

В. В. ПУТИН: Добрый день, уважаемые коллеги!

Сегодня мы обсудим перспективы дальнейшего развития Объединенной судостроительной корпорации, которую возглавит Шмаков Владимир Иванович. У него большой опыт работы в оборонном комплексе, металлургической промышленности. Рассчитываю, что он сможет эффективно применить все свои навыки и знания, прежде всего, конечно, управленческие и экономические.

О проблемах, которые нам предстоит сегодня обсудить, я скажу подробнее. В целом отмечу, что Объединенная судостроительная корпорация продолжает укреплять свои позиции, наращивает технологический и кадровый потенциал, увеличивает портфель активов, постепенно расширяет международную кооперацию, осваивает перспективные секторы судостроительного рынка.

Но далеко не все решено и далеко не все здесь гладко. Напомню, мы сконцентрировали в ОСК серьезные финансовые, производственные, интеллектуальные ресурсы. Сделали это для того, чтобы стимулировать выпуск современной высокотехнологичной продукции, в целом повысить эффективность как гражданского, так и военного судостроения.

Однако по-прежнему сохраняются проблемы со сроками и качеством выполнения заказов, включая и оборонные, в том числе неоправданно затягивается строительство и передача Военно-Морскому Флоту целого ряда атомных подводных лодок и надводных кораблей.

Сегодня прошу представить доклад о причинах сбоев в реализации проектов по военному судостроению и о том, что планируется сделать для устранения этих недостатков.

На комплексное переоснащение флота выделяются значительные финансовые средства, и, конечно, ВМФ вправе рассчитывать, что вооружение будет поступать вовремя, в срок и нужного качества, причем в установленные в контрактах сроки и по конкурентным, обоснованным ценам.

Я прошу ОСК мобилизовать все необходимые ресурсы, ускорить передачу кораблей заказчику — естественно, без ущерба для качества и оснащения.

Еще раз подчеркну, в дальнейшем должна быть обеспечена нормальная, ритмичная работа по созданию кораблей военного назначения, и это одна из базовых задач нового руководства Объединенной судостроительной корпорации.

Большей эффективности ждем от ОСК и в сфере гражданского судостроения. Производство ледоколов, высокотехнологичных судов различного назначения, буровых и добывающих платформ имеет для нашей страны стратегическое значение.

От этого напрямую зависит наращивание российского присутствия в Арктике и других районах Мирового океана, освоение природных богатств дальневосточных и северных морей, повышение экономической эффективности нефтегазовых проектов на континентальном шельфе.

Наши компании высоко заинтересованы в качественной, современной морской технике для геологоразведки и добычи углеводородного сырья, в том числе — и я об этом только что сказал — на шельфе, в очень сложных погодных условиях.

В этой связи считаю, что было бы правильно наладить более тесное взаимодействие между ОСК, «Газпромом», «Роснефтью», другими нашими национальными добывающими компаниями для того, чтобы сформировать четкий план действий по созданию необходимой морской техники и оборудования.

Подчеркну, наши верфи способны создавать конкурентоспособную, востребованную продукцию, и потому считаю недопустимым, когда заказы на морскую технику, суда гражданского флота, которые могут быть произведены в России, без должного основания размещаются на зарубежных верфях. Обращаю на это ваше внимание.

Конечно, мы прекрасно понимаем, и я себе отдаю отчет, что некоторые вещи мы традиционно производили за рубежом у наших партнеров. Это было, прежде всего, еще в советские времена в Восточной Европе. Сегодня портфель заказов наших крупнейших компаний составляет 5 миллиардов долларов — и сколько лет это уже продолжается: 80 процентов примерно от потребностей компаний заказывается за рубежом.

Приоритет должен отдаваться отечественным производителям — это неписаное правило, которым руководствуются практически во всех странах. Понятно, что кооперация нужна; понятно, что нужно переносить производство на нашу территорию, но это надо делать. А эти заказы служат хорошим стимулом для развития инноваций и появления высокооплачиваемых рабочих мест, для запуска цикла обновления производств.

С учетом всего сказанного считаю, что вновь назначенному руководителю ОСК следует сосредоточиться на следующих неотложных задачах.

Первое — это совершенствование корпоративной структуры. Нужно предметно заняться разработкой программы управления издержками производства, провести финансово-экономический аудит всех заключенных контрактов как по гособоронзаказу, так и по крупным контрактам с коммерческими организациями.

Второе — нужно организовать аудит программ технического перевооружения ключевых предприятий ОСК, подготовить конкретные предложения и о результатах доложить в трехмесячный срок.

И еще. Не позднее 1 сентября текущего года необходимо утвердить Стратегию развития ОСК с учетом принятой Правительством госпрограммы «Развитие судостроительной про-

мышленности». Об исполнении поручения также жду доклада, но уже к 15 октября текущего года.

Давайте перейдем к обсуждению.

В. И. ШМАКОВ: Добрый день, уважаемый Владимир Владимирович, уважаемые участники совещания!

Я благодарен за оказанное доверие возглавить Объединенную судостроительную корпорацию и приложу все свои силы и знания и предыдущий опыт работы для решения задач, которые стоят перед Объединенной судостроительной корпорацией.

В. В. ПУТИН: Хорошо, Владимир Иванович.

В. И. ШМАКОВ: В настоящий момент я вижу следующие главные задачи.

Первое — это, безусловно, выполнение Государственной программы вооружения в части оснащения Военно-Морского Флота новейшими перспективными разработками в области надводного и подводного флота, в том числе и по развитию морской составляющей стратегических ядерных сил. Проведение мероприятий по поддержанию высокой готовности боевых кораблей из состава Военно-Морского Флота и их полного технического сопровождения на протяжении всего жизненного цикла.

В. И. Шмаков

Во-вторых, это развитие гражданского судостроения, особенно участие в комплексных программах освоения нефтегазовых месторождений на шельфе Российской Федерации, в том числе в суровых арктических условиях.

На этом направлении предстоит обеспечить в кратчайшие сроки с максимальным качеством современными судами и техникой компании, ведущие работы по изучению и освоению российского шельфа, такие как «Роснефть», «Газпром». Оба эти направления работы должны быть для Объединенной судостроительной корпорации приоритетными, что полностью соответствует Государственной программе развития судостроения на 2013—2030 годы. Также в качестве ключевых направлений работы можно выделить строительство атомных ледоколов для обеспечения проводки судов по Северному морскому пути и рейдовых дизельных ледоколов.

Для успешной работы корпорации по решению стратегических задач необходимо разработать стратегию развития корпорации — как, Владимир Владимирович, Вы уже сказали. Безусловно, стратегия должна коррелироваться с планами крупнейших заказчиков продукции Объединенной судостроительной корпорации. Для этого должен быть налажен конструктивный диалог с заказчиками, проведены необходимые консультации, которые я сейчас буду организовывать.

Считаю, что в целях осуществления первоочередных мер по стабилизации деятельности корпорации и ее развитию требуется сосредоточить внимание и усилия на следующем.

Во-первых, это разработка системы мер по повышению управляемости компанией, выстраиванию всех бизнес- и технологических, производственных процессов под реализацию стратегических задач, повышению исполнительской дисциплины. Для осуществления мер в этом направлении необходимо в сжатые сроки провести комплексный анализ состояния дел как в отношении технологических, так и финансовых вопросов, инвентаризацию контрактов и разработку четкой системы управления активами, а также реализацию непрофильных и неуправляемых активов. Необходимо выработать основные принципы кадровой политики.

Во-вторых, это проведение взвешенной экономической политики. Это мероприятия по уменьшению издержек производства и созданию системы контроля и управления себестоимостью продукции и ценообразованием. Выстроить системную работу по реализации федеральных целевых программ, в том числе для своевременного выполнения государственного оборонного заказа.

Еще одним важным направлением считаю реализацию инвестиционной программы, которая позволит создать новые необходимые мощности и модернизировать имеющиеся таким образом, чтобы производственная база Объединенной судостроительной корпорации могла полностью соответствовать стратегическим задачам.

В частности, особое внимание необходимо уделить проекту современного универсального судостроительного комплекса на базе завода «Звезда», который является самым крупным строящимся промышленным объектом в Приморье. Планирую в ближайшее время посетить крупнейшие предприятия корпорации, партнеров по кооперации и основных заказчиков, чтобы лично изучить все проблемные и остро стоящие вопросы.

Необходимо также проработать вопросы по созданию современных центров судостроения и ремонта, а также разработать систему сопровождения продукции на протяжении всего жизненного цикла, обеспечивающую единство процессов проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации военной техники.

Необходимо сосредоточить усилия на создании научно-технического задела в отрасли, организовать работу по созданию перспективных разработок как военного, так и гражданского назначения и скорейшему их внедрению. Одним из важнейших путей реализации этих задач должно стать усиление взаимодействия между корпорацией и ведущими научными центрами страны и отрасли — такими, как Крыловский государственный научный центр и Центр технологии судостроения и судоремонта.

Учитывая вышесказанное, разрешите внести следующие предложения: разработать стратегию корпорации до 2030 года в те сроки, которые указаны; сформировать современную структуру управления на основе единой системы управления жизненным циклом продукции для проектируемых и вновь производимых образцов; оптимизировать структуру управления с зависимыми дочерними обществами корпорации; разработать мероприятия по уменьшению издержек производства и созданию системы контроля и управления себестоимостью продукции и ценообразованием; выстроить системную работу по реализации федеральных целевых программ.

Уважаемый Владимир Владимирович! Уважаемые участники совещания! Более глубокое и системное изучение состояния дел в корпорации, совместная работа с Министерством промышленности и торговли, Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации, конструктивное общение с крупнейшими заказчиками продукции — все это позволит сформировать четкий и подробный план работы и в кратчайшие сроки приступить к его реализации.

Еще раз отмечу, что приоритетом является, безусловно, выполнение государственного оборонного заказа и удовлетворение потребностей заказчика продукции гражданского судостроения. Мы понимаем, что достижение целей в построении эффективной корпорации будет являться локомотивом развития всей отрасли.

Все задачи, стоящие перед Объединенной строительной корпорацией, реалистичны и реализуемы. Нами в короткие сроки был пройден схожий по задаче путь в ОАО «Научно-производственная корпорация "Уралвагонзавод"» — от этапа антикризисного управления до этапа стабильного развития. Уверен, что опыт и наработанная компетенция команды смогут помочь достигнуть целей, стоящих перед Объединенной судостроительной корпорацией.

www.kremlin.ru
Фото пресс-службы Президента России

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОАО ПО «СЕВМАШ»

Севмаш приступил к масштабному техперевооружению. Благодаря поддержке государства производственную базу предприятия планируется кардинально обновить до 2020 г. Это поможет Севмашу своевременно выполнять государственный оборонный заказ на качественно новом уровне и сократить производственные затраты.

Технических перевооружений в таких масштабах не проводилось с 70-х годов прошлого века. В рамках действующих федеральных целевых программ уже переоснастили машиностроительное и трубообрабатывающие производства, частично заменили крановое хозяйство. Появились высокопроизводительные универсальные станки с цифровой системой управления, фрезерные обрабатывающие центры, новые трубогибочные станки, уже действует универсальный стенд для испытаний изделий на надежность и соответствие виброшумовым характеристикам. Севмаш также будет совершенствовать логистику путем закупки транспортных систем и замены кранового оборудования в основных производствах. Разрабатывается проектная документация для переоснащения испытательно-сдаточного, вспомогательного и неметаллического производств.

«Поддержание в рабочем состоянии производственных мощностей, их развитие и модернизация, техперевооружение и внедрение новых, прорывных технологий — это одна из стратегических задач. Севмаш ежегодно обновляет производство, причем как за счет собственных средств, так и государственных. Предприятие участвует и в федеральных целевых программах, направленных на развитие ОПК, гражданской морской техники и на обеспечение ядерной и радиационной безопасности», — поясняет главный инженер Севмаша Владимир Жепетов.

В рамках федеральной программы развития гражданской морской техники в 2013 и 2014 г. планируется обновить лабораторно-испытательную базу и акустический комплекс, начать переоснащение корпусно-сварочного производства, поскольку в процессе постройки кораблей трудоемкость корпусных работ составляет до 40%. Одновременно с этим Севмаш готовится к монтажу новейших прессогибочных, сварочных, газорезательных станков и оборудования. В планах предприятия также подготовка дополнительных стапельных мест, расширение технических возможностей спусковых устройств и гидротехнических сооружений. Этого требуют масштабные задачи по выполнению гособоронзаказа.

Авианосец «Викрамадитья» в процессе перевода с акватории предприятия в наливной бассейн Севмаша (фото М. Воркункова)

На Севмаше инженеры Государственного летно-испытательного центра им. Валерия Чкалова инспектируют авиационно-технические средства на авианосце. В их задачу входит проверка всех систем, которые связаны с полетом и базированием самолетов на борту авианосца (фото О. Перова)

* * *

В конце апреля пресс-служба Севмаша сообщила об уникальной операции по переводу авианосца «Викрамадитья» с акватории предприятия в наливной бассейн. Здесь корабль пройдет плановый осмотр и будет подготовлен к ходовым испытаниям, которые состоятся летом этого года в Белом и Баренцевом морях. По сложности выполненная операция не имеет аналогов в судостроении. При помощи рейдовых буксировкантовщиков корабль прошел через узкие ворота полушлюза: от бортов авианосца до стенок полушлюза расстояние измерялось сантиметрами. При этом работу осложнял поднявшийся ветер и ограниченное время операции — она должна была пройти в течение часа и только по полной воде. Как отметил руководитель индийской группы наблюдения г-н Шринивас, специалисты Севмаша вновь подтвердили свой высокий профессионализм, отлично выполнив поставленную задачу.

ОАО МЗ «АЛМАЗ»

23 апреля судостроители ОАО «Морской завод "Алмаз"» спустили на воду пограничный сторожевой катер зав. № 215, пр. 12200 «Соболь» (ЦМКБ «Алмаз»). Он предназначен для береговой охраны, поисковых и спасательных операций, охраны морских ресурсов, патрулирования и т. д. Осенью 2012 г. этот катер уже прошел часть испытаний, поэтому в мае он будет предъявлен на приемосдаточные испытания. А 25 апреля был спущен на воду катер зав. № 216 того же проекта. Ему предстоят швартовные, заводские и приемосдаточные испытания. Оба катера будут эксплуатироваться пограничниками ФСБ РФ. С 2009 г. вместе с этими двумя заказами на заводе построено 12 катеров пр. 12200. Корпус и надстройка этих катеров выполнены из высокопрочного алюминиевого сплава. Все устанавливаемое оборудование и применяемые материалы полностью соответствуют мировым стандартам. Для улучшения ходовых качеств и повышения скорости катера имеют носовые и кормовые автоматически управляемые интерцепторы. Длина катера 27,96 м, ширина 5,82 м, полное водоизмещение 58,5 т. Максимальная скорость хода достигает 50 уз. Автономность — 3 сут. Экипаж состоит из 9 чел.

ОАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

На заводе завершаются работы по строительству специальной полупогружной баржи. Баржа предназначена для спуска на воду судов, а также проведения транспортных операций. Ввод ее в эксплуатацию позволит усовершенствовать технологию постройки судов, уменьшить стоимость и сроки выполнения работ. Теперь в Выборге можно будет строить суда шириной до 30 м (ранее — до 18 м) и длиной до 150 м. Основные элементы и характеристики баржи: длина 130, ширина по стапель-палубе 35, высота борта до ста-

Пограничный сторожевой катер зав. № 215, пр. 12200 «Соболь»

На Выборгском судостроительном заводе завершаются работы по строительству специальной полупогружной баржи, предназначенной для спуска на воду судов, а также проведения транспортных операций

Обстановочное судно «Ладожский» в день спуска на воду со стапеля ОАО «Завод Нижегородский Теплоход»

пель-палубы — не менее 7,3, осадка по КВЛ около 5,3 м, масса спускаемого на воду объекта — не более 8600 т, масса объекта, перевозимого в режиме транспортного понтона, — около 10 000 т. Строительство баржи, окончательное формирование которой из двух половинок предусмотрено на плаву, выполнено в максимально короткие сроки в рамках очередного этапа масштабной программы модернизации верфи. На палубе баржи будет производиться сборка корпусов и спуск на воду строящихся на верфи ледоколов. 25 апреля из эллинга была выведена, а на следующий день спущена на воду первая часть баржи. Вторую часть вывели из эллинга 29 апреля.

Технический проект судна разработан Морским Инженерным Бюро, одобрен Российским речным регистром и Роспотребнадзором, утвержден заказчиком. Рабочее проектирование осуществляли конструкторы «ЗНТ-Инжиниринг». Обстановочное судно пр. BLV02 — это стальное однопалубное самоходное двухвинтовое судно с баком и ютом, транцевой кормой, с рабочей палубой в средней части, позволяющей разместить одновременно четыре буя типа БМС с якорными устройствами, с машинным отделением и жилой рубкой в кормовой оконечности, с грузовым краном. Судно предназначено для контроля за состоянием судового хода и навигационных ограждений, расстановки и снятия знаков, ремонта светосигнальной аппаратуры и др.

Район плавания — внутренние водные пути и морские районы, соответствующие М-СП 3.5. Основные элементы и характеристики судна: габаритная длина 46,97 м, по КВЛ — 40,49 м, габаритная ширина 10,48 м, по КВЛ — 9,7 м, высота борта на миделе 3,5 м, осадка по КВЛ — 2 м, максимальная — 2,5 м, номинальная мощность главных двигателей 2х405 кВт, скорость хода 10,8 уз.

ОАО ДВЗ «ЗВЕЗДА»

26 апреля на заводе состоялся спуск на воду двух судов экологического обеспечения, построенных по заказу ОАО НК «Роснефть». Суда «РН Аскольд» и «РН Посьет», относящиеся к классу бонопостановщиков-нефтемусоросборщиков, позволят существенно повысить уровень экологической безопасности нефтяных терминалов «Роснефти» в Дальневосточном бассейне. Оператором судов будет выступать дочернее общество компании — ЗАО «Роснефтефлот» (ранее ЗАО «Дальневосточная морская компания», FEMCO), которое обеспечило сопровождение их строительства. Новые суда по своим техническим возможностям не имеют аналогов, отмечается в пресс-релизе ЗАО «Роснефтефлот». Эти многофункциональные суда, помимо постановки боновых заграждений, обеспечивают очист-

ОАО «ЗАВОД НИЖЕГОРОДСКИЙ ТЕПЛОХОД»

5 апреля со стапеля завода было спущено на воду обстановочное судно пр. BLV02 «Ладожский» (стр. № 902). Это первое из двух таких судов, строящихся в рамках госзаказа (Росморречфлот). Первое судно будет работать в составе флота ФБУ «Волго-Балт» (Шлиссельбург), второе, «Буран», строится для ФБУ «Беломорканал» (Петрозаводск). Суда были заложены соответственно 15 марта и 7 августа 2012 г. Перегон в порты их приписки и передача заказчику запланированы на начало осени текущего года.

Суда «РН Аскольд» и «РН Посьет» после спуска на воду

Речные пассажирские суда пр. КС-110-32а могут эксплуатироваться на малых реках

Во время спуска на воду пассажирского судна «Брест», которое будет эксплуатироваться на озере Селигер

ку нефтесодержащих вод, транспортировку грузов массой до 10 т. Их размерения 20,13х6х2,8 м, осадка 1,6 м, полное водоизмещение около 105 т, мощность главных двигателей 2х287 кВт, скорость хода 12 уз. Экипаж всего 4 чел. Проект Р2010 разработали конструкторы ООО «Дизайн Группа Рикошет».

ОАО «КОСТРОМСКОЙ СМЗ»

Костромской судомеханический завод получил заказ от администрации Омской области на постройку в 2013 г. двух речных пассажирских судов пр. КС-110-32а. Они будут эксплуатироваться в северных районах Омской области, перевозя пассажиров на маршруте Малая Бича—Кайсы—Большая Бича. Уже известны их названия, выбранные в результате анкетирования жителей Усть-Ишимского района — «Эбаргуль» и «Скородум».

Основные характеристики судов пр. КС-110-32а с водометными движителями: размерения стального корпуса 17,10х3,22х0,95 м, осадка 0,43 м, полное водоизмещение 12,95 т, главный двигатель ЯМЗ-238НД4, мощность 184 кВт, скорость хода 27—29 км/ч, пассажировместимость 30 чел., дальность плавания по топливу до 550 км.

В настоящее время завод выпускает служебные, прогулочные, пассажирские, скоростные, пожарные, буксирные и катера специального назначения с различными вариантами планировки салонов и палубного пространства, внутренней отделки кают, устанавливаемого оборудования и прочего снаряжения. Освоено также серийное производство скоростных алюминиевых катеров с длиной корпуса до 8,1 м, которые в зависимости от комплектации используются как для активного отдыха на воде, так и в качестве патрульных и аварийно-спасательных средств.

Тримаран «Надежда» — принципиально новая проектная проработка ФГУП «Крыловский ГНЦ» с проверенными в опытовом бассейне оригинальными обводами, обеспечивающими повышенную мореходность и экономичность

ОАО «МОСКОВСКИЙ ССЗ»

9 апреля на Московском судостроительном и судоремонтном заводе состоялся спуск на воду первого пассажирского судна «Брест» для озера Селигер. Заказчик — ФГУП «НПЦАП» им. академика Н. А. Пилюгина, филиал «Завод "Звезда"». Проект судна разработан конструкторским бюро ОАО «МССЗ» на базе уже хорошо зарекомендовавшего себя проекта «Пилигрим». По этому проекту уже построены теплоходы «Столичный-1», «Столичный-2», «Светоч», «Усть-Сысольск». Модифицированная версия имеет ряд отличий от своих предшественников. Так, усилен ледовый пояс в районе форпика, что позволяет плавать в мелкобитом льду. На судне установлены глобальная навигационная система, предназначенная для определения местонахождения, а также автоматическая система идентификации (AIS) — информация о параметрах движения судна, которая в УКВ диапазоне передается автоматически и непрерывно специальной аппаратурой, а также радиолокационная станция. Основные характеристики судна: класс +«О 0,2 А», длина 32,24, по КВЛ — 29,9, ширина 5,9, осадка 0,7 м, полное водоизмещение 90 т, скорость хода 8 уз, дальность плавания 310 миль, автономность 1/2 сут, экипаж 2 чел., пассажировместимость 141 чел.

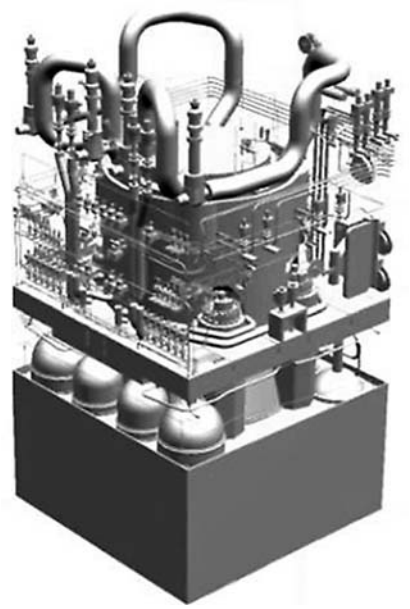
ФГУП «КРЫЛОВСКИЙ ГНЦ»

Крыловский государственный научный центр представил в комитет по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга предложения, связанные с оптимизацией городской транспортной системы. Перспективной сферой сотрудничества с городской администрацией для ГНЦ может стать проектирование маломерных пассажирских судов и судов технического и служебно-вспомогательного флота для городских водных магистралей. Могут быть созданы проекты судов для плавания по небольшим рекам и каналам, перевозки пассажиров по Неве и для выхода в акваторию Финского залива и морских линий. Причем на этих судах будет возможна реализация ряда инновационных решений, которыми располагает ГНЦ. Для того, чтобы проанализировать транспортную систему Санкт-Петербурга и подготовить проекты судов, Крылвскому ГНЦ, как указывается в пресс-релизе, потребуется менее года со дня принятия принципиального решения.

Предлагаются, в частности, следующие проекты: амфибийные суда на воздушной подушке «Индигирка» (60 пассажиров) и «Пахта» (12—30 пассажиров) для круглогодичной эксплуатации на пригородных линиях, скоростные пассажирские катамараны типа «Сокол» (на 120, 180 и 240 чел., 35—43 уз) с оригинальными обводами корпуса, скоростное пассажирское судно «Невская стрела» (40 чел., 25 уз) для регулярных внутригородских и пригородных линий, морской скоростной тримаран «Надежда» (450 чел., 60 автомобилей, 30 уз) для линии Санкт-Петербург—Калининград.

ОАО МЗ «ЗИО-ПОДОЛЬСК»

В апреле Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск» (входит в ОАО «Атомэнергомаш») объявил, что он стал победителем конкурса на производство реактора и другого корпусного оборудования установки «РИТМ-200» для универсального атомного ледокола нового поколения. Общая сумма контракта 1,3 млрд руб. Технический проект атомохода разработан ОАО ЦКБ «Айсберг», проект интегральной реакторной установки — ОАО «ОКБМ Африкантов». Корпусное оборудование реакторной установки по заказу «ОКБМ Африкантов» должно быть изготовлено «ЗиО-Подольск» и поставлено ООО «Балтийский завод—Судостроение» в декабре 2015 г. Сборка реактора будет осуществляться ОАО «ОКБМ Африкантов».



Реакторная установка «РИТМ-200» для универсального атомного ледокола нового поколения

«Благодаря кооперации наших предприятий мы начинаем комплексное производство реакторной установки для атомного ледокола с использованием самых передовых технологий. "ЗиО-Подольск" сертифицирован Российским морским регистром судоходства. Заготовки для корпуса реактора поставит Энергомашспецсталь — в 2012 г. мы завершили модернизацию этого предприятия, и сегодня это поставщик продукции мирового уровня», — заявил генеральный директор ОАО «Атомэнергомаш» Андрей Никипелов.

«Борьба за контракт была нелегкой, однако нам удалось предложить не только конкурентоспособную цену, но и доказать, что мы обладаем богатым и многолетним опытом производства оборудования ядерных энергетических установок, в том числе и судовых», — отметил генеральный директор группы компаний «ЗиО-Подольск» и «ЗИОМАР» Игорь Котов.

«Интегральная компоновка реактора, сниженная энергонапряженность активной зоны, а также другие конструктивные решения значительно повышают ее безопасность, надежность и экономичность. Кроме того, установка обладает большим модернизационным потенциалом, она определяет перспективы судовой ядерной энергетики на следующие десятилетия», — сказал директор — генеральный конструктор ОАО «ОКБМ Африкантов» Дмитрий Зверев.

«РИТМ-200» — это двухреакторная установка с реакторами тепловой мощностью 175 МВт каждый, что превышает мощность установки КЛТ действующих атомных ледоколов (140—150 МВт). При этом она почти в два раза легче и компактнее (занимает меньше места на судне), а в эксплуатации технически и экономически более эффективна.

Патрульный катер «Капитан Пузичев»

ООО «ОЗЕРНАЯ ВЕРФЬ»

ООО «Озерная верфь» («Laky Verf»), выйдя на рынок в 2005 г. с концепцией «качественное строительство яхт класса «люкс» по индивидуальному заказу», специализируется на производстве моторных яхт премиум-класса с эксклюзивным дизайном интерьеров. В 2010 г. компания расширила свой ассортимент, включив в него специальные суда. Новым проектом стал многоцелевой катер из легкого сплава, который может использоваться в качестве патрульного и служебного судна в прибрежной зоне морей, на озерах и в устьях крупных рек, а также для водных прогулок и рыбалки. В настоящее время в числе заказчиков таких катеров (пр. 13М и 14М) — МВД России, МЧС России, Госморречнадзор, Федеральная таможенная служба. Головной катер проекта 14М, получивший название «Страж», был передан заказчику 18 декабря 2012 г. Второй катер этого проекта «Капитан Пузичев» спустили на воду и отправили на ходовые испытания 19 апреля, а 23 апреля на воде был уже третий заказ — «Юрий Яхненко». Всего в планах верфи постройка в этом году восьми катеров: 6 ед. — пр. 14М и 2 ед. — пр. 13М. Основные характеристики многоцелевого алюминиевого катера пр. 14М: габаритная длина 14,5 м, ширина с привальным брусом 4 м, осадка 0,85—1,1 м, мощность главных двигателей Volvo Penta D6-330/DPH составляет 2х243 кВт (330 л. с.), максимальная скорость 31 уз, запас топлива 1200 л.

КОРВЕТ «БОЙКИЙ» ПЕРЕДАН БАЛТИЙСКОМУ ФЛОТУ

16 мая у кораблестроителей ОАО СЗ «Северная верфь» был праздник — состоялась торжественная церемония подписания приемного акта и подъема флага ВМФ на корвете «Бойкий». Передача новейшего корабля в состав Балтийского флота была приурочена к 310-летию с момента образования Балтийского флота России. Андреевский флаг командиру корвета вручил командующий Балтийского флота вице-адмирал В. П. Кравчук. «Бойкий» продолжает серию корветов пр. 20380, разработанного ОАО ЦМКБ «Алмаз». Корабелы «Северной верфи» уже построили для флота головной корабль «Стерегущий» (2007 г.) и первый серийный «Сообразительный» (2011 г.). Как особо отмечено в пресс-релизе завода-строителя, в ходе постройки корвета «Бойкий» были реализованы новые требования заказчика, касающиеся вооружения, общекорабельных систем, комплекса связи, систем автоматики. В настоящее время «Северная верфь» продолжает строительство третьего серийного корвета «Стойкий». В портфеле заказов верфи — четыре корвета пр. 20385 (головной «Гремящий» заложен в 2012 г.), три фрегата пр. 22350 (головной «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» и серийные — «Адмирал Флота Касатонов» и «Адмирал Головко»), два специальных судна связи пр. 18280 (головное «Юрий Иванов» и первое серийное), три судна тылового обеспечения пр. 23120 (головное «Эльбрус» и два серийных). На заводе продолжаются также работы по ремонту и модернизации кораблей ВМС Алжира (*фото А. Н. Хаустова*).

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

«Военное кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы»

В октябре 2012 г. в Санкт-Петербурге, в НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ прошла юбилейная межотраслевая научно-практическая конференция «Военное кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы» — «ВОКОР-2012», посвященная ключевым проблемам военного кораблестроения России и 80-летию деятельности 1 ЦНИИ МО РФ.

Материалы ряда актуальных докладов организационный комитет «ВОКОР-2012» рекомендовал к публикации в журнале «Судостроение». Часть представлена в данном номере, другие материалы редакция планирует поместить в будущих номерах нашего журнала.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОРАБЛЕЙ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

С. А. Томилин, канд. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru), **Г. С. Ясаков,** докт. техн. наук (ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

УДК 621.311:629.5

Анализ научно-технических материалов по состоянию и перспективам развития морского кораблестроения ведущих зарубежных государств, в частности США и стран НАТО, показывает, что одной из важнейших задач, решаемых в ближайшей перспективе, является внедрение на кораблях новых видов оружия (лазерного, импульсного, электромагнитного). Решение данной задачи ведется путем создания «полностью электрического» корабля и включает, в том числе, переход к системам полного электродвижения кораблей и связанное с этим применение мощных источников электроэнергии. Это будет возможно только при наличии единой электроэнергетической системы (ЭЭС), обеспечивающей как движение корабля, так и электропитание всех корабельных механизмов и систем оружия.

Применение единой ЭЭС позволяет получить ряд преимуществ (рис. 1). Интегрированные электроэнергетические и про-

Рис. 1. **Преимущества единой энергетической системы корабля**

Рис. 2. **Отечественные суда с единой энергетической системой**

пульсивные системы обеспечивают высокую гибкость проекта корабля, облегчающую оптимизацию компоновки его надводной части для достижения максимальной эффективности систем оружия. Исключение из конструкции редукторных зубчатых передач и гребных валов, наряду с гибкостью и модульным принципом конструирования электрооборудования, делает их более надежными и, в конечном итоге, повышает живучесть корабля. Исключение механической связи между энергетической установкой и движителем, использование электропривода и акустической изоляции турбогенераторов позволят снизить уровень шума и вибрации.

Переход к интегрированной ЭЭС обеспечивает гибкое перераспределение энергии между средствами движения и остальными потребителями, что не представляется возможным для кораблей с механическим приводом. Кроме того, повышаются возможности по управлению скоростью хода, исключается необходимость использования малоэффективных гребных винтов с регулируемым шагом.

В целом перечисленные преимущества от внедрения интегрированных ЭЭС и электродвижения применимы и к подводным лодкам. Особенно в отношении такого качества, как скрытность.

В настоящее время исследования в целях создания единой ЭЭС проводятся по следующим основным направлениям: производство электроэнергии; ее преобразование и распределение; накопление и регенерация электроэнергии; гребные электродвигатели.

В надводном кораблестроении система полного электродвижения реализована на нескольких типах судов вспомогательного флота. За последние 10 лет в рамках государственного оборонного заказа ЦМКБ «Алмаз» и КБ «Вымпел» совместно со специалистами института были разработаны и выданы технические задания на разработку единых ЭЭС для ряда новых судов: пр. 19910 — гидрографическое судно «Вайгач»; пр. 20180 — транспортно-поисковое судно «Звездочка»; пр. 21300 — спасательное судно «Игорь Белоусов»; пр. 22030 — морской спасательный буксир «Охотск» и др. (рис. 2).

Суда «Вайгач» и «Звездочка» сданы флоту. Эксплуатация подтвердила способность единой ЭЭС обеспечить динамическое позиционирование судна в сложных гидрометеорологических условиях. Особенностью их ЭЭС является то, что суммарная мощность всех источников электроэнергии на каждом из этих судов не превышает 10 МВт, что позволяет применять в основной силовой сети ток напряжением 380 В, частотой 50 Гц, а также серийно выпускаемое электрооборудование. Передача электроэнергии гребным электродвигателям и далее к винторулевым колонкам осуществляется с помощью повышающих трансформаторов. Частота вращения электродвигателя регулируется статическими преобразователями частоты.

Океанский круизный лайнер «Queen Mary 2» может служить ярким зарубежным примером размещения современной системы полного электродвижения на морском транспортном средстве (рис. 3). ЭЭС предусматривает интеграцию составных частей судовой энергетической установки в единую систему с централизованным управлением и контролем. Ее ядром является ЭЭС, вырабатывающая и распределяющая электроэнергию как на судовые системы и механизмы, так и на гребные электродвигатели, обеспечивающие ход судна. В состав ЭЭС лайнера входят четыре дизеля и две газовые турбины, четыре электродвигателя для пропульсивных установок «Azipod» мощностью по 21,5 МВт и три маневровых носовых подруливающих устройства. Общая

Рис. 3. **Океанский круизный лайнер «Queen Mary 2» и его движители «Azipod»**

Тенденция развития систем электродвижения

Годы	Главный привод	Генератор	Двигатель	Мощность *P*, МВт	Уд. вес, т/МВт	КПД
50-е	Система генератор—двигатель	Постоянный ток	Постоянный ток	2,5	45...35	85
60-е	Система генератор—двигатель	Постоянный ток	Постоянный ток	8	33	87
70-е	Тирист./диод	Переменный ток	Постоянный ток	6	28	90
80-е	Переменный ток/ переменный ток	Переменный ток	Переменный ток	14	20	93
2000-е	Переменный ток/ переменный ток	Переменный ток	Переменный ток с постоянными магнитами	14...30	20	95...98

мощность энергетической установки 116 МВт.

Тенденции развития систем электродвижения представлены в таблице.

Примеры систем электродвижения на зарубежных кораблях приведены на рис. 4.

Необходимо отметить, что до настоящего времени в нашей стране отсутствует единая программа работ по исследованию и внедрению на кораблях ВМФ единых ЭЭС. Были проведены отдельные работы. В частности, в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова[1] разработана концепция создания электрогенерирующих агрегатов на основе систем полного электродвижения с целью снижения объема и массы гребного электродвигателя (без использования эффекта сверхпроводимости) и размеров статического преобразователя частоты, а также улучшения качества электроэнергии на его выходе.

Для внедрения проработанных систем на кораблях требуется развертывание полномасштабных ОКР по созданию комплектующего оборудования (газотурбогенераторы, турбогенераторы, гребные электродвигатели, редукторы, преобразователи и т. д.) и его стендовая отработка или закупка его за рубежом.

При создании систем полного электродвижения как надводных кораблей, так и атомных подводных лодок требуется значительное увеличение мощности источников энергии и гребных электродвигателей, что неизбежно приводит к переходу на напряжение более 6,3 кВ. При данных значениях напряжения возможна реализация эффекта сверхпроводимости.

В настоящее время одной из основных задач при создании гребных электродвигателей является снижение массогабаритных характеристик и увеличение их мощности. Это может быть достигнуто при использовании эффекта высокотемпературной сверхпроводимости.

Открытие в середине 80-х годов высокотемпературных сверхпроводников обусловило возможность существенного расширения области практического использования сверхпроводящих материалов. Применение современных компактных криоохладителей для жидкого азота, являющегося к тому же хорошим диэлектриком, значительно повышает надежность электрической и тепловой изоляции, а главное — существенно упрощает применительно к кораблям ВМФ условия эксплуатации высокотемпературных сверхпроводниковых электроустановок.

Следует отметить, что фирмы США с 70-х годов проводят эксперименты с электромашинами, использующими явление сверхпроводимос-

Рис. 4. **Зарубежные корабли с электродвижением**

[1]Ныне ФГУП «Крыловский ГНЦ» (*прим. ред.*).

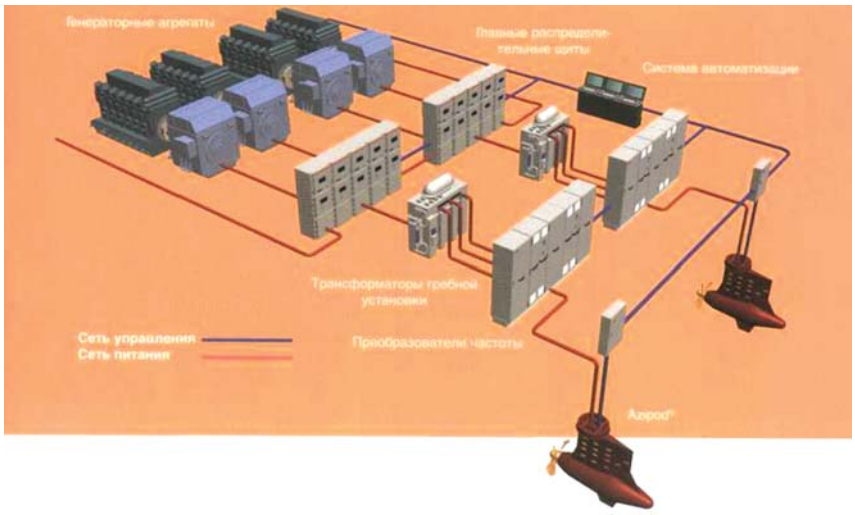


Рис. 4. **Структурная основа построения единых ЭЭС и систем электродвижения**

ти. Качественные изменения наступили с 1987 г. после открытия эффекта высокотемпературной сверхпроводимости. В 1997—2005 гг. в США разработаны два гребных электродвигателя номинальной мощностью 5 и 36,5 МВт.

По мнению иностранных специалистов, использование эффекта сверхпроводимости в перспективных системах электродвижения подводных лодок и надводных кораблей позволит значительно снизить акустические шумы, уменьшить в разы массу и габариты систем электродвижения, увеличить на 20—30% скорость хода, уменьшить до 20% водоизмещение корабля.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о достигнутом зарубежными странами качественном прорыве в области создания боевых кораблей, оснащенных системами полного электродвижения. При этом этапу внедрения системы электродвижения на корабле, как правило, предшествует всесторонняя отработка всего комплектующего оборудования и системы в целом на береговом стенде-прототипе. С целью снижения затрат на создание систем полного электродвижения и проведения стендовых испытаний широко применяется унификация создаваемого оборудования для систем электродвижения надводных кораблей и подводных лодок.

Директивой главнокомандующего ВМФ от 18 апреля 2012 г. «О внедрении полного электродвижения на кораблях Военно-Морского Флота» утверждена концепция создания электрифицированных кораблей ВМФ с полным электродвижением. Она является основополагающим руководящим документом для специалистов ВМФ, занимающихся разработкой перспективных планов развития ВМФ и тактико-технических требований к проектированию (модернизации) кораблей ВМФ, систем обеспечения ВМФ и подготовки личного состава и кадров наблюдения и эксплуатации для перспективных кораблей, а также для организаций и предприятий промышленности, выполняющих проектирование и модернизацию кораблей ВМФ.

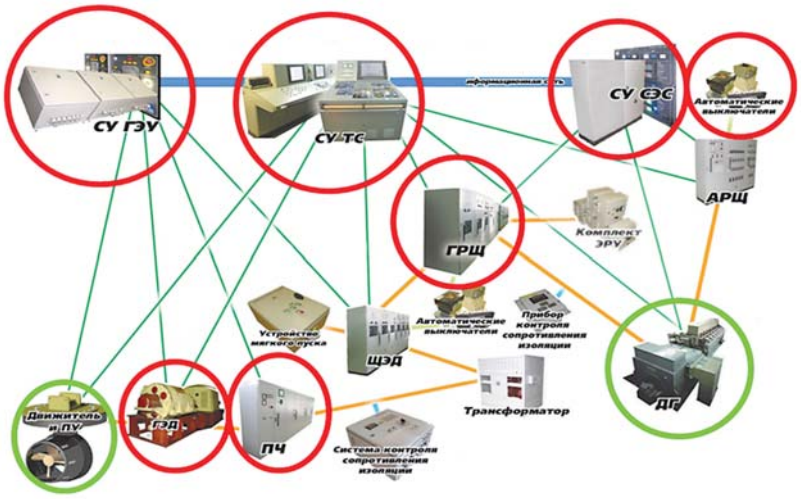


Рис. 5. **Структура единой электроэнергетической системы с гребной электрической установкой (красным цветом обозначены отечественные производители)**

В концепции излагаются принципы построения единых ЭЭС, систем электродвижения и интегрированных систем управления (СУ) при создании энергетических установок (ЭУ) многоцелевых боевых надводных кораблей водоизмещением 1500—5000—15 000 т классов «корвет—фрегат—эскадренный миноносец», а также стратегических и многоцелевых атомных подводных лодок и требований по обеспечению электроэнергией комплексов вооружения на новых физических принципах.

Задачи, которые необходимо решить при создании ЭУ на полном электродвижении:

— создание универсальной ЭУ с единым типорядом основного электрического оборудования для надводных кораблей и атомных подводных лодок;

— создание унифицированных интегрированных СУ техническими средствами;

— создание систем диагностирования и предаварийного контроля основного оборудования (модулей) единых ЭЭС, совместимых с интегрированными СУ техническими средствами;

— обеспечение ресурса основного оборудования, равного сроку службы корабля.

Структурной основой построения единых ЭЭС и систем электродвижения должна быть схема: «генератор—главный распределительный щит—преобразователь—гребной электрический двигатель (рис. 5, 6).

Заключение. Создание кораблей с полным электродвижением соответствует тенденции мирового кораблестроения по созданию электрических кораблей. Создание систем полного электродвижения способствует повышению тактико-технических характеристик корабля, обеспечивая внедрение оружия на новых физических принципах.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫХ КАТЕРОВ

А. С. Русин (ПКФ «Мнев и К»), **П. О. Серафимович, Н. Н. Скориантов,** канд. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru), **Е. А. Костиков,** канд. техн. наук (ЦНИ ПРФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

УДК 629.5.03

Программы создания безэкипажных катеров (БЭК) в США, Германии, Израиле, Сингапуре, Великобритании, Франции идентичны и предполагают постройку небольших дистанционно управляемых катеров и подводных аппаратов, которые смогут эффективно помогать малым кораблям в защите прибрежной зоны. Помимо традиционных задач (наблюдение и разведка) БЭК, очевидно, придется заняться и менее мирными делами — например, поиском и вытраливанием (уничтожением) мин, охотой на боевых пловцов-диверсантов, защитой гаваней и стоящих на рейде судов от террористических атак катеров со смертниками на борту и т. д.

По сообщению «Jane's Navy», создаваемые БЭК предполагается оснастить современными системами радиолокационного, инфракрасного и гидроакустического наблюдения, что позволит им обнаружить как подводного, так и надводного противника задолго до того, как он сможет применить свое оружие или даже обнаружить, что за ним следят.

Как и в случае с беспилотными летательными аппаратами, создание их плавающих аналогов, помимо традиционного стремления избавить людей от риска при выполнении особо опасных операций в прибрежной зоне (а мероприятия противоминной и противодиверсионной борьбы как раз таковыми и являются), вызвано еще и чисто экономическими соображениями. Производство БЭК обходится дешевле, чем строительство катеров береговой охраны, и к тому же при их массовом использовании можно существенно сэкономить на содержании экипажей. Кроме того, небольшие размеры позволяют оперативно перебрасывать их на различные театры боевых действий на борту обычных кораблей и самолетов.

В настоящее время наибольшую известность получили образцы БЭК, созданные в США, Германии, Израиле, Сингапуре и Великобритании.

США. В 2008 г. подразделение «Роботизированные системы» американской корпорации «Дженерал Дайнэмикс» передало военно-морским силам первый БЭК типа «Fleet». Он передан в распоряжение Центра подводной войны ВМС, расположенного в Ньюпорте (штат Род-Айленд). Таким образом, вслед за военно-воздушными силами и армией американские ВМС взяли твердый курс на роботизацию, являющуюся, по мнению экспертов Пентагона, одним из ключевых решений для победы в войнах нового поколения.

БЭК типа «Fleet» (Fleet class Anti-Submarine Warfare Unmanned Surface Vehicle) имеет длину по корпусу 11 м, ширину 3,4 м, способен кратковременно развивать скорость полного хода до 35 уз и брать на борт полезную нагрузку массой до 2268 кг. Он обладает не менее чем 24-часовой автономностью и входит в комплекс вооружения новейших надводных кораблей ВМС США — так называемых литоральных боевых кораблей, предназначенных преимущественно для завоевания господства в прибрежных районах морей. После спуска на воду с борта корабля-носителя катер способен действовать в радиокомандном либо полностью в автономном режиме.

БЭК типа «Fleet»

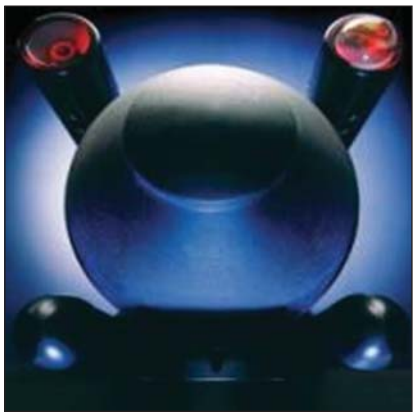
Основное назначение БЭК — оказание «литоральному боевому кораблю» содействия в борьбе с подводными лодками и иными подводными боевыми средствами противника (в том числе с необитаемыми подводными аппаратами и даже с боевыми пловцами и их носителями). Для эффективного решения возложенных на них задач катера типа «Fleet» оснащены различной аппаратурой и специальным оборудованием, в том числе малогабаритной буксируемой гидроакустической станцией, многофункциональной низкочастотной гидроакустической станцией с активным трактом, оптико-электронной системой наблюдения, современными средствами навигации и приема/передачи данных и т. д.

По заявлению разработчиков в бортовую систему управления такого БЭК заложены три главных алгоритма, позволяющих ему с высокой эффективностью решать задачи в ходе реализации следующих специфичных сценариев: «Морской щит» (обеспечение безопасности своих кораблей и судов на переходе морем), «Безопасная проводка корабля (судна)» и «Обеспечение безопасности порта (военно-морской базы)».

Катер типа «Fleet» разработан консорциумом в составе корпорации «Дженерал Дайнэмикс» (главный подрядчик) и ряда подведомственных ВМС США компаний и организаций.

Новый БЭК «Harbor Wing» будет иметь корпус-тримаран длиной 15,24 м и шириной 12,2 м, а также мачту высотой 18,3 м с современным жестким парусом-крылом площадью 65 м^2, управляемым бортовым компьютером. Для стабилизации судна применяются выдвижные кили — подводные крылья. Максимальная скорость БЭК по данным разработчика будет более 25 уз, он сможет находится в море более трех месяцев, а в случае необходимости пройти под вспомогательными электродвигателями более 500 миль. Грузоподъемность — 1500 кг.

«Harbor Wing» предназначен для ведения разведки, наблюдения и расширения возможностей крупных боевых кораблей в открытом океане. БЭК будет способен работать автономно или под дистанционным управлением от назем-



Автономный тральщик мин «Sea Fox»

ных, корабельных или воздушных операторов и передавать изображения, видео и другие электронные данные на береговые объекты, корабли, самолеты.

Автономный тральщик мин «Sea Fox» будет использоваться с безэкипажных надводных судов. «Sea Fox», производимый и поставляемый компанией ATLAS North America, являющейся подразделением немецкой компании ATLAS Elektronik, в очередной раз доказал свою эффективность в ходе прошедшего с 9 по 20 июля учения ВМС США «Trident Warrio-2012» (по данным официального сайта компании).

«Sea Fox» являлся составной частью единого комплекса поиска и траления мин, основу которого составляли два более крупных универсальных безэкипажных надводных судна флотского класса CUSV (Common Unmanned Surface Vessel), предоставленных для проведения учения компанией AAI, входящей в концерн Textron.

Один из аппаратов CUSV был оснащен гидроакустическим комплексом бокового обзора Klein 5000 V2, разработанным компанией L-3, и предназначался для обследования и обнаружения мин в заданной акватории. Второй аппарат CUSV являлся носителем «Sea Fox» и после обнаружения предмета, похожего на мину, и определения его примерных координат первым аппаратом осуществлял спуск на воду «Sea Fox» по дистанционно передаваемой команде.

В функции «Sea Fox» входило приближение к обнаруженному предмету, его детальное обследование, передача изображения на пульт оператора управления и инициализация контролируемого подрыва мины.

Германия. ВМС страны намерены переоборудовать десантные катера «Watercat M8» в роботизированные, чтобы использовать их в различных миссиях, сообщает Defence Talk. Модернизация катеров «Watercat M8» финского производства обойдется германскому флоту в 1,3 млрд евро. В Бундесвере надеются, что опыт разработки наземных систем германский производитель сможет успешно применить и на морской технике. Совместное исследование, проведенное оборонными структурами Германии и специалистами Rheinmetall Defence, показало, что такое техническое решение воплотить в жизнь действительно возможно.

Катера можно будет использовать как в качестве обычных десантных, так и роботизированных катеров. Автоматика, по мнению германских военных, может пригодиться в особо опасных боевых операциях, где велика вероятность уничтожения самого катера и его экипажа (в частности), при проведении разведывательных миссий и разминировании. Десантные катера «Watercat M8» первоначально разрабатывались для ВМС Финляндии, их преимущественно используют для транспортировки подразделений морской пехоты. Катер способен перевозить 8 чел. или 1 т груза. Он обладает высокой скоростью и может преодолевать мелководье. «Watercat M8» также состоят на вооружении ВМС Норвегии.

Израиль. Как сообщает оборонный концерн «Рафаэль», инженерами разработан БЭК «Протектор» для отражения террористической угрозы на море. Полностью автономный, снабженный всем необходимым для ведения операций в открытом море, этот катер является новейшим достижением израильской промышленности. Его предназначение — патрулирование территориальных вод, уничтожение мин, обнаружение судов противника, исследование подозрительных предметов. Применение «Протектора» позволит снизить опасность морского патрулирования для кадрового состава ВМС Израиля. По прогнозам специалистов вскоре все израильские корабли будут сопровождать роботы-«Протекторы». Разработку израильских оборонщиков отличает высокая маневренность, которая существенно превышает возможности морского транспорта, управляемого человеком. БЭК оснащен широким спектром сенсоров и датчиков, которые позволяют ему обнаруживать, идентифицировать и отслеживать прибрежные и морские объекты. Кроме того, «Протектор» эффективно работает со взрывными устройствами.

Сингапур. По сообщению министерства обороны страны, в 2005 г. прошли испытания БЭК, разработанного в Сингапуре совместно с американским военно-морским ведомством и предназначенного для борьбы с пиратами и террориста-

Десантный катер «Watercat M8»

БЭК «Протектор»

ми. Это небольшой, но высокотехнологичный аппарат поможет избежать человеческих жертв со стороны силовых подразделений города (страны) при контакте с подозрительными судами в прибрежных водах. Модель-прототип «Spartan Scout», которой можно управлять с борта военного корабля-базы, построена по модульному принципу и может нести разнообразное вооружение, включая средства борьбы с подводными лодками, а также систему наблюдения. БЭК имеет размеры 7x3x4,5 м и массу 2 т. Надо отметить, что на вооружении военного ведомства Сингапура уже имеются менее совершенные БЭК серии «Protector». Они, в частности, использовались во время недавней военной операции в Ираке для помощи американскому флоту. При массе 4 т габариты этих судов 9,5x3,5x4,5 м.

Великобритания. Британское отделение компании Thales заключило соглашение с компанией Autonomous Surface Vehicles по разработке реконфигурируемых БЭК для проведения поиска и траления мин, сообщило информационное агентство Marinelink. Совместные разработки будут вестись по ключевым направлениям: эффективному развертыванию адаптивных настраиваемых БЭК с различных боевых платформ и, возможно, с берега или пирса, из авиатранспортабельных модулей для осуществления различных функций противоминной борьбы. В перечень этих функций входят взаимодействие с подводными беспилотными аппаратами, буксировка гидролокаторов, уничтожение найденных мин. Новые БЭК будут создаваться с использованием технологий малозаметности, иметь длину 11,5 м, ширину 3,6 м и развивать скорость до 25 уз. Начало испытаний было запланировано на конец 2012 г.

Модель-прототип «Spartan Scout»

Россия. Работы по созданию БЭК ведутся Объединенной судостроительной корпорацией совместно с компанией «Транзас» в инициативном порядке. Внедрение комплекса «безэкипажный катер» возможна на корвете охраны водного района, проектирование которого ведется в настоящее время. Закономерным было бы размещение такого комплекса на эсминцах будущего поколения, но при этом задачи, решаемые БЭК, должны быть значительно расширены, а количество БЭК оптимизировано под задачи корабля.

На новых кораблях (пр. 11540, 20380, 11661К, 11711, 22350, 02668, 12700), оснащенных современными средствами автоматизации (комплексы «Сигма», «Трасса», «Диез», Т-625, КСА «Линкор»), телеуправление БЭК может осуществляться с использованием аппаратуры данных систем. В этом случае необходимо:

— дополнить программное обеспечение функциями управления БЭК и приема информации от БЭК, что вполне уложится в модернизационный ресурс данных изделий (25% от объема памяти, задач и быстродействия);

— доработать пультовое оборудование (ввести средства для обеспечения дистанционного управления БЭК типа «джойстик» и, возможно, дополнительные кнопки) или дополнить изделия пультами специально для управления БЭК при возможности их установки;

— при отсутствии кабелей от комплекса «Трасса» или Т-625 к необходимым средствам связи на данных проектах кораблей осуществить их прокладку.

На кораблях, не оснащенных современными системами автоматизации, целесообразно размещение специализированного поста управления контейнерного или переносного типа. Его состав: одно или два АРМ оператора, сервер, устройство сопряжения с комплексом связи корабля, аппаратура передачи данных (Т-625) или подобная, сетевое оборудование, средства электропитания.

Заключение. 1. Для размещения комплекса «безэкипажный катер» на корабле необходимы архитектурные, конструктивные и технические решения, воплощение которых оптимально реализуемо с нулевого этапа проектирования корабля. Реальным является размещение комплекса на действующих кораблях при проведении их модернизаций.

2. Предварительные расчеты модели использования кораблей с БЭК показывают: КТИ кораблей-носителей будет повышаться, КОН — снижаться, что несомненно способствует повышению эффективности решения тактических задач кораблем с БЭК на борту, что подтверждается зарубежными примерами создания безэкипажной техники.

3. К основной тенденции развития БЭК в мире следует отнести разработку технологий для создания боевых роботов и роботизированных систем. Так, во всех современных военных операциях НАТО американцы и их союзники используют более 4000 роботов различных типов и назначений.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ КОНЦЕПЦИЙ САМОХОДНЫХ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Б. В. Быстров, докт. воен. наук, **В. А. Пироженко,**
канд. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru)

УДК 623.946.8(104)

Побудительным мотивом подготовки данной статьи является проблема, заключающаяся в неоднозначном толковании роли и места самоходных автономных необитаемых подводных аппаратов (САНПА) в системе вооружения. При этом под САНПА понимается подводный аппарат, полностью независимый по энергообеспечению от носителя, выполняющий задачи автономно либо при телеуправлении от носителя, как правило, по гидроакустическому каналу связи. К подклассу САНПА может быть отнесен и так называемый полупогруженный подводный аппарат.

Сущность проблемы. За последние два—три десятилетия в различных странах, занимающих ведущее положение в области морских техно-

логий, создано значительное число САНПА, использующихся главным образом для исследования и освоения Мирового океана. За сравнительно короткий срок отдельные образцы САНПА показали свою эффективность при выполнении обзорно-поисковых, обследовательских и океанографических работ. Опыт США, Канады, Японии и ведущих европейских стран свидетельствует о том, что САНПА в настоящее время способны выполнять задачи по океанографии, морской геологоразведке, освещению подводной обстановки, экологии, мониторингу и ряд других, в том числе в военной сфере.

К числу наиболее актуальных областей применений современных САНПА относят следующие:

— обзорно-поисковые работы, включая обследование и инспекцию подводных объектов;

— геологоразведочные работы, включающие видеосъемку морского дна, акустическое профилирование и картографирование рельефа;

— океанографические исследования и мониторинг водной среды.

Кроме того, известно, что некоторые САНПА могут выполнять отдельные работы военного назначения, такие как обследование минных полей, патрулирование и обеспечение безопасности морских объектов. Поводом привлечения (адаптации) САНПА для выполнения военных задач, в частности в ВМС США, по существу, являлась принятая концепция «флот против берега», или литоральная стратегия — с одной стороны, а с другой — значительные достижения в области использования САНПА для изучения и освоения Мирового океана как источника углеводородов и других минеральных ресурсов.

Наконец, развитие так называемых противоминных САНПА инициировано также пониманием роли и места минного оружия в выполнении прежде всего оборонительных задач, что подтверждено опытом ведения локальных войн XX столетия.

В ряде источников указывается также, что создание САНПА фактически послужило формированию применительно к подводной лодке новой боевой системы «ПЛ—САНПА», а также к надводному кораблю — «НК—САНПА».

Считается, что повышение возможностей, в частности ПЛ, достигается за счет решения следующих частных задач САНПА: ведение акустической разведки на дистанциях, превышающих дальность действия штатных средств ПЛ; противоминная защита; гидроакустическая «подсветка целей»; проверка отсутствия слежения за ПЛ; ретрансляция сигналов боевого управления на ПЛ; отвлечение противолодочных сил на ложные направления; поиск полыней и разводов при плавании во льдах; проводка ПЛ через минные заграждения; обследование дна в интересах противоподводно-диверсионного обеспечения (ППДО) и др.

Полагают, например, что нахождение САНПА на ПЛ может в корне изменить тактику действий ПЛ.

Вместе с тем следует отметить, что в настоящее время основным направлением использования САНПА является противоминное. К подлодочным противоминным САНПА относят: AN/BLQ-11, MRUUV, к надводным САНПА — AN/WLD-1, BPAUV. В настоящее время указанными САНПА вооружены эсминцы типа «Орли Берк», корветы «Фридом», «Индепенденс» ВМС США.

Одной из первоочередных мер расширения возможностей надводных кораблей ВМС США по оценке подводной обстановки признано включение в состав их вооружения САНПА полупогружного типа для поиска мин AN/WLD-1(V). Кроме того, оснащение одноразовыми подводными аппаратами типа «Си фокс» позволит также выполнять задачи уничтожения мин. САНПА на качественно новом уровне могут выполнять задачи обнаружения и распознавания малошумных, тихоходных, в том числе лежащих на грунте, подводных объектов, прежде всего в интересах ППДО, значимость которого в современных условиях достаточно очевидна.

Отечественные разработки САНПА были начаты в 1972 г. в Институте автоматики и процессов управления ДВНЦ АН СССР и с 1988 г. продолжены в Институте проблем морских технологий ДВО РАН, которым создано уже около 20 типов САНПА, главным образом в интересах изучения Мирового океана, а также для поиска подводных объектов.

Что касается последних разработок, то к ним можно отнести САНПА «Клавесин» — известно о его применении при обосновании размеров континентального шельфа в Арктике. Такой аппарат приобретен МЧС РФ. Министерством обороны РФ закуплено несколько малогабаритных САНПА «Gavia» производства Исландии.

Таким образом, эволюция развития САНПА, а также современный уровень энергетических, навигационных, информационных и поисковых систем в общем случае позволяет сделать вывод об определенной перспективности САНПА для выполнения прежде всего различных задач исследования и мониторинга водной среды и дна морей и океанов. Вместе с тем очевидно, что широкого применения САНПА в военных целях пока не наблюдается. Это говорит о наличии проблем, прежде всего концептуального плана, связанных с обоснованием места и роли САНПА в выполнении задач военного назначения, а также с разработкой тактических моделей использования САНПА.

Методологические аспекты. В общем случае основой решения указанных проблем является теория вооружения, основные принципы которой заключаются в системном подходе, оптимальности и сбалансированности.

Системный подход, как правило, предполагает многоаспектное решение задачи, включающее:

— анализ и синтез САНПА как военно-технической и боевой системы;

— охват структурных, функциональных и боевых характеристик;

— учет взаимосвязей с надсистемой, т.е. системой высшего уровня, в данном случае прежде всего с носителем САНПА, а также с другими боевыми системами.

Принцип оптимальности обеспечивает одновременно реализацию целевой эффективности и сбалансированности при ограничениях на ресурсы.

Кроме того, известно, что к ключевым понятиям в теории вооружения относятся облик, эффективность, место и роль вооружения. Под обликом САНПА военного назначения понимается комплексная характеристика — совокупность параметров, включающих данные прежде всего о боевых (функциональных) свойствах и тактических характеристиках. Эффективность САНПА, по сути, предо-

пределяется обликом САНПА и условиями выполнения задачи. Отметим, что здесь должна оцениваться так называемая системная эффективность, включающая также аспекты боевой устойчивости (безопасности) САНПА в сравнении с другими, в том числе и обитаемыми системами. Под местом вооружения понимается качественная характеристика, определяющая назначение, совокупность задач, при выполнении которых целесообразно использовать САНПА. Роль данного типа вооружения определяется как количественная характеристика объема задач, что, по сути, отождествляется с процентным вкладом вооружения в показатель эффективности достижения цели при выполнении задачи. Таким образом, роль и место САНПА зависит от их функциональных свойств, влияющих на эффективность применения САНПА.

Указанная оценка должна включать оценку боевых (функциональных) свойств САНПА, влияющих на эффективность выполнения поставленных задач, и военно-экономическую оценку.

Говоря об эффективности, необходимо рассматривать следующие ее составные части. Первая — это успешность выполненных действий (иначе — эффективность поисковых, противоминных, противоподводно-диверсионных и других действий); вторая часть — это их полезность или степень влияния на общий результат.

Функциональные свойства САНПА. К основным функциональным свойствам САНПА отнесены следующие:

— ходовые, связанные с переходом и движением в районе;

— поисковые — возможность обнаружения и идентификации объектов;

— навигационные — выполнение задач с заданной точностью;

— управляемость — возможность управления САНПА в надводном и подводном положении;

— заметность — возможность обнаружения САНПА;

— массогабаритные, связанные с возможностью постановки, спуска на воду (пуска из пусковых устройств).

Основные показатели функциональных свойств САНПА следующие: ходовые — скорость, дальность и глубина хода, автономность; точностные — коэффициент счисления, СКО счисления, СКО обсервации в надводном и подводном положении; поисковые — ширина поисковой полосы, вероятностная характеристика обнаружения, вероятность идентификации объекта; поражения — масса заряда взрывчатого вещества, количество снарядов (боевых частей); скрытности — уровень акустического поля, уровень магнитного поля, эквивалентный радиус.

Возможности САНПА. Проведем качественную оценку основных возможностей САНПА, предопределяющих их использование в интересах прежде всего противоминного и противоподводно-диверсионного обеспечения.

Для выполнения поисковых задач, связанных главным образом с обследованием дна моря, в современных САНПА могут использоваться: гидролокаторы переднего и бокового обзора; телевизионная система; акустический профилограф; электромагнитный (магнитный) искатель.

Анализ комплектации САНПА показывает, что система так называемого технического зрения эффективна прежде всего при обследовании дна моря и идентификации объектов, находящихся, как правило, в незаиленном состоянии. Вместе с тем следует предполагать, что ширина поисковой полосы с точки зрения обнаружения миноподобных предметов гидролокатором бокового обзора не будет превышать 150—200 м. Кроме того, эффективность поисковых действий в интересах минной разведки в значительной степени зависит не только от вероятностных характеристик обнаружения и идентификации объектов, от поисковой производительности, но и от точности движения САНПА, особенно при поиске с перекрытием между поисковыми полосами (при закономерном поиске).

Для обеспечения точной навигации в САНПА применяются главным образом: инерционные навигационные системы; магнитные комплексы; гидроакустические навигационные системы (ГАНС) с длинной, короткой и ультракороткой базой.

Таким образом, поисковые задачи могут выполняться с применением автономных навигационных средств САНПА при использовании спутниковой навигационной системы (СНС) — при всплытии на поверхность и с помощью гидроакустической навигационной системы.

Возможны два варианта выполнения задачи: движение в толще воды на глубине, позволяющей эпизодические подвсплытия на поверхность с целью коррекции по СНС; определение исходного местоположения по СНС, дальнейшее погружение и автономное движение.

ГАНС являются достаточно надежным средством определения местоположения САНПА в подводном положении. Вместе с тем для их работы необходима установка нескольких маяков-ответчиков в системах с длинной и короткой акустической базой и судовых (корабельных) приемников — в системах с ультразвуковой базой. Вполне очевидно, что использование маяков-ответчиков требует выделения сил для их постановки (выборки) и проведения калибровки, поэтому данная система будет в основном применяться при многократных действиях в одном районе. Кроме того, применение ГАНС с длинной базой значительно ухудшает скрытность действий.

Способы управления САНПА. Как известно, в САНПА используются два режима управления: автономный и режим телеуправления. При телеуправлении должен существовать канал связи САНПА с постом управления. Автономность САНПА порождает много проблем, связанных с возможностью ошибок, отказов. С другой стороны, эта автономность относительна, так как в ряде случаев для повышения точности САНПА в подводном положении необходим корабль управления.

Заключение. 1. Самоходные автономные необитаемые подводные аппараты — относительно новые подводные технические системы без опыта их применения прежде всего в военных целях, что предопределяет наличие ряда проблем развития САНПА, носящих концептуальный характер, связанный с обоснованием оперативно-тактических моделей, а также их роли и места в системе вооружений ВМФ.

2. Осознание (понимание) реальных ролей и места САНПА в системе вооружений ВМФ возможно на основе оценки боевых возможностей САНПА и эффективности выполнения ими различных задач ВМФ

как в интересах их носителей, так и в интересах других боевых систем в сравнении с другими боевыми средствами ВМФ.

3. Качественное выполнение задач исследовательского (внешнего) проектирования САНПА, обоснования их роли и места, облика и типоряда с учетом развития корабельного состава ВМФ возможно на базе разработки соответствующих методик при одновременном уточнении функций научно-образовательного комплекса ВМФ.

Литература

1. *Илларионов Г. Ю. и др.* Подводные работы в минной войне. Калининград: ОАО «Янтарный сказ», 2008.
2. *Алиев Ш. Г. и др.* Торпедное оружие. Т. 4—6. М.: Наука, 2005.
3. *Смирнов Г. В. и др.* Океанология. Средства и методы океанологических исследований. М.: Наука, 2005.
4. *Понырко С. А.* Адаптивная система для исследования океана. Л.: Судостроение, 1993.
5. Необитаемые подводные аппараты военного назначения. Владивосток: Дальнаука, 2005.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОРАБЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

С. Н. Соловьев, канд. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ,
e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru)

УДК 629.5.04.001.63

В архитектурном отношении между кораблем (судном) и наземным сооружением существует много общего. Как наземной, так и корабельной архитектурой решается задача создания пространственного объекта, гармонично сочетающего в себе пользу (функциональное назначение), прочность и красоту. Эта формула органичного единства всех сторон архитектуры, выведенная около двух тысяч лет назад известным древнеримским теоретиком Витрувием, не утратила своего значения и в наши дни. Нарушение или необоснованное выделение одной из составляющих архитектурной триады неизбежно оборачивается ошибками, ведет к упадку архитектуры.

Не противопоставляя архитектуру и дизайн друг другу, можно отметить, что дизайн — это творческая проектная деятельность, направленная на совершенствование окружающей человека предметной среды, созданной путем промышленного производства. То есть, если архитектура формирует среду жизнедеятельности человека, то дизайн формирует объекты, «населяющие» эту среду.

В практическом плане реализация принципов архитектурного проектирования может рассматриваться по двум взаимосвязанным между собой направлениям, которые, в свою очередь, являются элементами общей системы проектирования судна.

Решение задач первого направления подчинено условиям обеспечения высокой работоспособности человека и/или группы людей, их нормального отдыха, быта, гармоничного развития как личности, сохранения здоровья. Это осуществляется при определении функционального состава помещений командного комплекса управления (КП, БП[1], служебные помещения) и комплекса общекорабельных помещений, их размеров и размещения на корабле, а также при определении номенклатуры оборудования, художественно-декоративного оформления. Взаимное расположение жилых, общественных, санитарно-бытовых и других помещений экипажа между собой и между служебными и помещениями командного комплекса управления должно соответствовать требованиям нормативных документов и правилам их устройства.

Задачи второго направления в основном включают вопросы поиска архитектурной композиции корабля, согласованной с его назначением, расположением КП и БП командного комплекса управления, боевых и технических средств, комплекса общекорабельных помещений. В современных условиях решение этих задач связано с применением прогрессивных методов строительства, типовых планировочных решений и типовых проектов. Одно из направлений интенсификации судостроительного производства — внедрение методов модульного проектирования и формирования судовых помещений. В связи с их применением встают проблемы создания типовых блок-модулей помещений, разработки типовых планировочных решений функциональных зон, формируемых из модульных и блок-модульных сборочных единиц, разработки типовых надстроек и рубок.

При формировании требований и разработке архитектурно-художественных решений корабельные помещения разделяют на следующие основные группы:

— специальные корабельные помещения (командные пункты, боевые посты, агрегатные вооружения, хранилища боезапаса, кладовые ЗИП, мастерские);

— помещения энергетической установки (ГЭУ, ВЭУ, электростанции, агрегатные ТС и др.);

— общекорабельные помещения (ОСТВ5Р.0735—2000): жилые, общественные, продовольственные, медицинские, санитарно-бытовые, служебные, проходные.

Руководящие и нормативно-технические документы. В практике разработки требований и при проектировании корабельных помещений используются следующие руководящие и нормативно-технические документы.

Руководящие документы: Боевой устав ВМФ; тактические руководства и наставления по боевой деятельности; Корабельный устав ВМФ; Устав службы на судах обеспечения ВМФ; Руководство по борьбе за живучесть надводного корабля (РБЖ НК); Требования к профессионально важным качествам операторов и комплектованию экипажей.

[1]Здесь и далее КП — командный пункт; БП — боевой пост; ЗИП — запасные части и приспособления» ГЭУ, ВЭУ — главная, вспомогательная энергетические установки; ТС — технические средства; ТТЗ — тактико-техническое задание; БиТС — боевые и технические средства; ХКП, ГКП, ЗКП — ходовой, главный, запасной командный пункт; АРМ — автоматизированное рабочее место, МКВ — межведомственная комиссия; ТЗ — техническое задание.

Нормативно-технические документы:

— ОТТ 6.1.2-92, ОТТ 6.1.3-90, ОТТ 6.1.46-91 (требования к организации и размещению КП и БП, к комплектации личного состава);

— Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства, 2011 г.;

— Правила классификации, постройки и обеспечения эксплуатационной безопасности морских судов, поднадзорных Государственной инспекции по маломерным судам РФ (ГИМС РФ), 2004 г.;

— ОТТ 6.1.20-90, ОТТ 6.1.35-89 (требования к обитаемости кораблей и техническим средствам ее обеспечения);

— ОТТ 6.1.41-89 (эргономические требования к боевым и техническим средствам кораблей и судов ВМФ);

— ТТЗ на ОКР и СЧ ОКР (специальные эргономические требования к корабельным комплексам БиТС отражаются в соответствующих разделах ТТЗ);

— ОСТ В5Р.0736-01 и ОСТВ5Р.0735-2000 (определяют требования к составу и содержанию проектных конструкторских документов и оформлению дизайн-проекта по корабельным помещениям);

— ГОСТ 23894-79 «Рабочие конструкторские документы судостроительной верфи. Оборудование и отделка помещений»;

— ОСТ В5Р.0722-96 «Корабли и суда ВМФ. Номенклатура проектных конструкторских документов»;

— ОСТ В5Р.0726-97 «Корабли и суда ВМФ. Нормативные документы в обеспечение жизненного цикла. Основные положения»;

— ОСТ В5Р.0731-99 «Корабли и суда ВМФ. Проектные и конструкторские документы. Правила выполнения, согласования и утверждения»;

— ОСТ 5.3037-81 «Отделка и оборудование судовых помещений. Типовые технологические процессы»;

— РДВ 5.0624-88 «Корабли и суда ВМФ. Порядок эргономического обеспечения проектирования»;

— РДВ 5.034-84 «Помещения жилые, общественные, служебные и санитарно-бытовые, боцманские и хозяйственные кладовые. Типовая методика проверки обитаемости»;

— РДВ 5.0061-79 «Нормы расчетные на продовольствие, пресную воду и личный состав с багажом»;

— ОСТ5Р.3004-2001 «Мебель и немеханическое оборудование судовых помещений. Функциональные размеры»;

— ОСТ 5Р.3158-96 «Мебель судовая деревянная. Общие технические условия»;

— ОСТ 5Р.3159-2004 «Мебель судовая для сидения и лежания. Общие технические условия»;

— ОСТ 5Р.3163-97 «Мебель и немеханическое оборудование судовые металлические. Общие технические условия» и др.

Однако указанные документы не обеспечивают предъявления системных требований к проектированию корабельных помещений, т.е. взаимосвязанного решения задач первого и второго направлений.

Для устранения указанного недостатка предлагается:

1. В ТТЗ на создание (модернизацию) кораблей ВМФ на стадии технического проекта предусматривать разработку алгоритмов функционирования боевых контуров при выполнении кораблем основных и вспомогательных задач, а также борьбе с аварийными ситуациями и борьбе за живучесть;

2. До 1 октября 2013 г. оформить заявку на включение в координационный план развития системы ОТТ в 2011—2015 гг. пересмотра в рамках НИР «Стандартизация-2015 ОТТ-МО» следующих документов: ОТТ 6.1.41-89 «Боевые и технические средства кораблей и судов ВМФ. Эргономические требования»; ОТТ 6.1.46-91 «Командный комплекс управления кораблей ВМФ. Общие тактико-технические требования».

Анализ недостатков. Практика оборудования корабельных помещений силами судостроительных предприятий с привлечением контрагентов для поставки отдельных образцов материалов и оборудования показала, что указанные работы выполняются с низким качеством. При создании интерьеров помещений отсутствует комплексный подход к выбору основного оборудования и его элементов. Например, светильники, выключатели, распределители воздуха, лицевые панели динамика и регулятора громкости корабельной трансляции и другие элементы имеют устаревший дизайн и не вписываются в общий дизайн помещения. В результате помещения в целом не имеют современного эстетического облика.

Вместе с тем КБ-проектантами корабельные помещения проектируются на основании требований ВМФ к корабельным установкам, в которых не оговорены требования к функционированию боевых контуров и отсутствуют требования к зонам функционирования. Вследствие этого главным командованием ВМФ отмечен ряд серьезных недостатков оборудования и его расположения на ХКП, ГКП, ЗКП ряда строящихся кораблей для ВМФ.

Применение КБ-проектантами отдельных типовых конструктивных решений существенно снижает функциональность и эргономические качества помещений, особенно командных пунктов управления, кают малой площади, общественных и служебных помещений.

Созданные за последние годы с участием дизайнеров разнообразные корабельные приборы, достаточно интересные, продуманные и выразительные по своим замыслам и по формам, имеют, однако, между собой мало общего. Помещенные вместе (например, в ходовой рубке или ГКП), они создают непривлекательную картину; различие по размерам, пропорциям, примененным композиционным средствам и конструктивным решениям приводит к бессистемности и дискомфортности. Создатели многообразия форм, как правило, не имеют ни малейшего представления о том, как эти формы будут впоследствии использованы и куда помещены. Появлению такого «беспорядка» в немалой степени способствуют разработчики технического задания, полагая, что будущий прибор может быть расположен в различных местах КП, БП и общекорабельных помещений по желанию заказчиков или проектантов. С другой стороны, тенденция, существующая в современном приборостроении и реализующаяся в объединении приборов в комплексы, агрегаты, пульты и АРМы, но не подкрепленная квалифицированными художественно-конструкторскими предложениями, приводит к разнохарактерности, случайности и неупорядоченности композиционных и конструктивных решений пультов и комплексов.

Типичные недостатки таких образцов изделий:

— панели пультов «разношерстны» и композиционно раздроблены;

— средства отображения информации и принципы их художественно-конструкторского оформления, а также способы встраивания и выдвижения отдельных блоков и приборов различны;

— размерная, графическая и цветовая координация отсутствует;

— количество органов управления и индикации в большинстве случаев неоправданно завышено, что объясняется желанием разработчиков аппаратуры вывести на лицевую панель возможно большее количество разнообразных, в том числе неоперативных и контрольно-настроечных органов и различных установочных элементов;

— композиционные и функциональные принципы размещения органов управления и индикации на лицевых панелях различны;

— при разработке приборов, как правило, не учитываются требования к квалификации оператора (уровню его образования).

Разрозненный и разобщенный подход к формообразованию изделий корабельного оборудования представляется неправильным, поскольку целостное формирование предметной среды целесообразно не только по причинам стремления к формо-морфологическому упорядочению, но и по соображениям экономического характера.

Любое комплексное проектирование позволяет разрабатывать унифицированные проекты с возможно меньшим количеством типоразмеров и конструктивно-технологических решений. Любая целостная разработка позволяет с большой приближенностью к реальным условиям плавания еще в процессе проектирования смоделировать и представить себе характер работы корабельных специалистов и постараться организовать их деятельность.

Все это приводит к выводу о том, что при проектировании и формообразовании отдельных изделий и приборов, располагаемых в помещениях с постоянным пребыванием в них экипажа (в КП и БП), целесообразно идти от общего к частному, от целого к единичному, а не наоборот.

Если бы удалось разработать типовые альбомы рубок, состава и размещения оборудования, достаточно четко определить место расположения каждого прибора, а также внедрить предложения дизайнеров по созданию наилучших условий деятельности вахтенных операторов и применить наиболее современные методы кораблевождения, отображения навигационной обстановки и управления вооружением, это позволило бы значительно сократить трудозатраты по поиску оптимальных форм и конструкций отдельных приборов и повысить эффективность разработок с точки зрения достижения композиционной целостности и экономической рентабельности найденных решений. Конечно, при этом проектировщики и производственники потеряли бы некоторую часть своей обычной конструктивно-технологической независимости, поскольку для воплощения такого рода комплексных проектов необходимо соблюдение ряда требований и правил, обеспечивающих взаимную связь и координацию отдельных действий и решений для достижения задуманного эстетического единства.

Анализ опыта выполнения работ, направленных на устранение недостатков, допущенных на стадии технического проекта (выполнен только для специальных и общекорабельных помещений).

В ОАО «Северное ПКБ» 26 марта 2011 г. под руководством Главнокомандующего ВМФ состоялось совещание, на котором рассматривались вопросы организации ГКП перспективных боевых надводных кораблей ВМФ. На совещании было отмечено, что размещение оборудования в помещении ГКП должно быть ориентировано на удобство работы командира при управлении кораблем, его оружием, а также техническими средствами при всех вариантах боевых готовностей и тревог. В частности, было обращено внимание на то, что приборное оборудование должно быть размещено по рабочим зонам и обеспечивать главные приоритеты деятельности командира корабля: управление кораблем одиночно и в составе ордера (строя); управление при выполнении главной задачи; борьба за живучесть корабля. Для старшего помощника командира корабля главные приоритеты деятельности: универсальная оборона и защита корабля; организация борьбы за живучесть корабля и руководство РХБЗ.

В период с апреля по декабрь 2011 г. комиссией, назначенной приказом Главнокомандующего ВМФ, было проведено обследование натурных макетов ГКП и ХКП строящихся кораблей (пр. 22350, 11356, 20380, 20385, 21631), в ходе которого рассматривались: размещение приборного оборудования, обеспечивающего функционирование расчета ГКП по БГ № 1 и 2; достаточность оконечной аппаратуры КВ и УКВ связи, средств внутрикорабельной (говорящей и телефонной) связи; удобство работы операторов и основных должностных лиц расчета ГКП (ХКП), а также их взаимодействие; выполнение требований эргономики и технической эстетики.

На основе формирования функциональных зон основных боевых контуров комиссия выработала предложения по размещению оборудования ГКП и ХКП и уточнила функции и задачи, выполняемые должностными лицами на конкретных КП и БП, входящих в боевой контур.

В мае—июне 2011 г. по инициативе 1 ЦНИИ МО РФ (филиал) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н. Г. Кузнецова» и командования Ленинградской ВМБ было проведено опытное переоборудование двух двухместных офицерских кают силами ООО «Морские комплексные системы» и ООО «Арис». Каюты сданы личному составу 30 июня 2011 г. в опытную эксплуатацию.

Для улучшения условий обитаемости в ходе переоборудования были выполнены следующие мероприятия: помещения оборудованы мебелью из новых современных материалов, отвечающих повышенным эргономическим и эстетическим требованиям; осветительное оборудование (лампы накаливания) заменено на современные светодиодные источники света, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим нормам; установлено современное санитарно-техническое оборудование из нержавеющей стали, отвечающее эргономическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям; применены современные зашивки и наливные палубные покрытия.

Работы выполнялись в соответствии с дизайн-проектами, разработанными на основании требований экипажа. Каюту № 5 (командира БЧ-7) переоборудовали специалисты ООО «Морские комплексные системы» по индивидуальному дизайн-проекту (рис. 1), а каюту № 7 (СПК) — специалисты ООО «Арис», также по индивидуальному дизайн-проекту (рис. 2).

По результатам опытной эксплуатации кают можно сделать ряд основных выводов.

1. Значительно улучшились функциональность (вместительность

Рис. 1. **Пример переоборудования жилого помещения (выполнено специалистами ООО «Морские комплексные системы»)**

и удобство использования) помещений кают и их мебели. Этот результат получен благодаря индивидуальному подходу при проектировании (индивидуальный дизайн-проект) размещения оборудования каюты и ее мебели с учетом конфигурации конкретного помещения.

2. Эстетический вид помещений существенно улучшился благодаря применению комплексного подхода при проектировании и отделке под ключ, использованию современных отделочных материалов.

3. Каюта № 5 имеет относительно аскетичный интерьер, для которого в максимально возможной степени использованы негорючие материалы для мебели и зашивок, имеющие соответствующие международные сертификаты. Металлическая мебель «Strongbox», выпускаемая компанией Strongbox Marine Furniture LTD (Великобритания), а также современные отделочные материалы и оборудование имеют всю необходимую техническую документацию, включая руководство по монтажу, сертификаты международных сертифицирующих органов (IMO); они применяются для оборудования жилых и служебных помещений кораблей и судов флотов стран НАТО.

4. Каюта № 7 имеет более богатый интерьер с имитацией натуральных материалов (отделка под дерево), но примененное оборудование и материалы не испытаны в корабельных условиях.

5. Для зашивки переборок и подволоков коридоров, тамбуров, кают, кают-компании целесообразно применять негорючие вермикулитовые конструкционно-отделочные плиты «Fipro MS» (Словения), облицованные ламинированными панелями «FunderMax».

Рис. 2. **Пример переоборудования жилого помещения (выполнено специалистами ООО «Арис»)**

6. Наливные палубные покрытия «Dex-O-Tex Marine» следует применять в местах интенсивного передвижения личного состава с обязательной установкой комбинированных подножных решеток в местах сходов с трапов и перед комингсами дверей в магистральных проходах для защиты палубного настила от истирания и повышенных ударных нагрузок, возникающих при передвижении личного состава. На открытых участках палуб перед входами во внутренние помещения необходимо предусматривать коврики или решетки для удаления с обуви личного состава абразивных частиц, истирающих финишную часть палубного настила.

В практике отделки помещений современных зданий и гражданских судов для исключения указанных выше недостатков пользуются услугами специализированных компаний, предоставляющих услугу «сдача помещений под ключ с отделкой и необходимым (оговоренном в заказе) оборудованием».

Уже достаточно долгое время в строительстве термин «евроремонт» ни у кого не вызывает удивления. Евроремонт — это, в первую очередь, комплексное переоборудование помещения, а во вторую — высокое качество материалов и оборудования, используемых при выполнении работ.

В настоящее время для отделки и оборудования корабельных помещений ни КБ-проектанты, ни судостроительные предприятия не обладают необходимой нормативной базой, современными производственными ресурсами и подготовленными специалистами, а выполнение работ по оборудованию и отделке ппомещений не имеет системной и комплексной направленности.

По результатам опытной эксплуатации были подготовлены доклады Главнокомандующему ВМФ и министру обороны РФ, на основании которых было принято решение «О ком-

Рис. 3. **Пример использования трехмерного моделирования при разработке дизайн-проекта общественного помещения**

плексном переоборудовании жилых и служебных помещений проектируемых, строящихся, эксплуатируемых, ремонтирующихся и модернизируемых кораблей (судов) ВМФ с использованием современных отделочных материалов, комплектующего оборудования и металлической судовой мебели» № 235/1/1/5899, утвержденное министром обороны РФ 9 ноября 2011 г.

В мае и августе 2012 г. под руководством директора департамента по обеспечению государственного оборонного заказа Министерства обороны прошли совещания, на которых был установлен порядок реализации этого решения.

В период с мая по август 2012 г. в ходе работы межведомственной комиссии (МВК), назначенной приказом директора ДОГОЗ, были обследованы общекорабельные помещения строящихся кораблей ВМФ, составлены акты обследования и выработаны рекомендации по составу общекорабельных помещений, в которых возможно выполнить комплексное переоборудование исходя из их фактического состояния.

В решении Министерства обороны РФ, а также в типовом техническом задании, утвержденном первым заместителем министра обороны введен термин «комплексное переоборудование», который подразумевает:

1) выполнение взаимоувязанного комплекса работ от проектирования до сдачи объекта (переоборудованных помещений) МВК заказчика одним исполнителем — профессиональной компанией, имеющей соответствующие профилю работ лицензии, сертификаты и аккредитацию. Исполнитель работ должен обеспечить как гарантийное обслуживание, так и сервис, послегарантийное обслуживание переоборудованных корабельных помещений;

2) использование при выполнении работ современных технологий, высококачественных материалов и оборудования, удовлетворяющих требованиям ВМФ и находящихся на уровне лучших мировых аналогов;

3) проведение комплекса работ по отделке и оборудованию корабельных помещений в соответствии с требованиями ТЗ, разработанного на основании типового ТЗ, а также с учетом дизайн-проекта, согласованного ВМФ и утвержденного генеральным заказчиком.

Цели комплексного переоборудования корабельных помещений должны быть определены в типовом ТЗ.

При работе над комплексным переоборудованием корабельных помещений необходимо применять пакеты прикладных программ, обеспечивающих 3D-моделирование помещений (рис. 3, 4) при их проектировании, которые позволяют оптимально использовать объем помещения, сэкономить временные и финансовые ресурсы благодаря использованию инновационных информационных технологий при проектировании.

Комплексное переоборудование в целом поможет решить следующие задачи:

Рис. 4. **Пример использования трехмерного моделирования при разработке дизайн-проекта жилых помещений**

- планомерно изучать мировой опыт и осваивать эффективные современные технологии отделки и оборудования корабельных помещений на российских судостроительных предприятиях;
- реализовать принципы системности и комплексности при планировании и выполнении работ, направленных на создание условий обитаемости корабельных помещений на уровне лучших мировых аналогов;
- благодаря консолидации пакета услуг в «одних руках» сэкономить время и деньги, оптимизировать производственный технологический процесс, существенно повысить качество выпускаемой продукции и соответственно улучшить условия обитаемости на кораблях ВМФ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗА ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗА РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ СЭУ

В. В. Медведев, докт. техн. наук, СПбГМТУ
(e-mail: mvv@OM13655.spb.edu), **Д. С. Семионичев,**
канд. техн. наук, Российский морской регистр судоходства
(e-mail: machinery.dept@rs-class.org)

УДК 621.43

Приемлемый уровень безопасности и надежности должен предусматриваться в ходе проектирования и постройки и поддерживаться в течение всего срока службы судна и его энергетической установки (СЭУ). Для обеспечения указанных требований, в частности, разработаны методические рекомендации по прогнозу и оценке рисков при проектировании СЭУ и их элементов [1] и при обосновании целесообразности ее модернизации [2]. Один из важных этапов процедуры прогноза и оценки риска — ранжирование отказов элементов СЭУ в соответствии с частотой отказов и степенью тяжести их последствий. Для его выполнения можно использовать рекомендации, изложенные в ГОСТ Р 27.310—95. Однако этот ГОСТ не отражает в полной мере специфику проектирования и эксплуатации судов, поэтому представляют практический интерес предложения М. Д. Емельянова по определению критичных элементов морских судов [3] и Г. В. Егорова по идентификации опасностей для судов внутреннего плавания [4].

Между тем известно, что при эксплуатации не всегда отказ элемента СЭУ приводит к остановке и прекращению движения судна, поэтому необходима универсальная матрица, позволяющая присвоить уровень опасности каждому нежелательному событию с элементами СЭУ в соответствии с методом анализа характера отказов и их последствий. Для этого предлагается классифицировать каждый рассматриваемый отказ в соответствии со следующими критериями: 1) внезапность возникновения начального события; 2) критичность отказа; 3) устраняемость отказа; 4) наличие сопутствующих аварии факторов, приводящих к дальнейшему развитию сценария аварии.

По внезапности возникновения начального события отказы можно разделить на «внезапные» и «ожидаемые».

Внезапным (непредвиденным) отказам не предшествуют признаки ухудшения технического состояния элементов. К таким отказам можно отнести усталостные разрушения, а также отказы, зависящие от случайных факторов: повреждение дейдвудных уплотнений в связи с намоткой рыболовных сетей на гребной вал; ударные нагрузки, воздействующие на лопасти гребного винта от случайного плавучего объекта (бревна, крупной льдины) и приводящие к деформации или поломке лопастей и/или элементов валопровода [5].

Ожидаемый отказ характеризуется постепенным изменением параметров СЭУ (например, возникновением повышенной вибрации, шума, изменением расходов топлива и/или масла) в связи с постепенным ослаблением крепления, износом, увеличением зазоров в парах трения. Такие отказы можно отнести к менее опасным, чем внезапные, поскольку у экипажа судна обычно есть возможность заблаговременно выявить их и принять меры к устранению и предупреждению.

По критичности отказы предлагается разделить на три типа. К первому типу отнесем отказы, приводящие к остановке судна. Примерами таких отказов могут быть потеря гребного винта на одновальном судне или нарушения в системе топливоподачи к главным механизмам.

Отказы, не приводящие к полной потере хода судна, но снижающие его спецификационные характеристики (например, снижение маневренности или скорости), можно отнести к отказам второго типа. В качестве примеров таких отказов можно привести отказ турбонагнетателей главного дизельного двигателя, прекращение работы одного из двигателей судна при многовальной конструкции пропульсивной установки, прекращение топливоподачи в один из цилиндров двигателя. Более подробно основные подходы к расчету характеристик надежности дизеля как сложной системы рассмотрены в [6].

Отказам второго типа присваивается меньшая тяжесть последствий, чем отказам первого типа, поскольку в этом случае судно не теряет способность передвигаться самостоятельно и, как правило, может достиг-

нуть порта-убежища и маневрировать в сложных погодных условиях.

К отказам третьего типа относятся отказы, не приводящие непосредственно к ограничению скоростных и маневренных характеристик судна. К таким отказам можно отнести выход из строя резервируемого оборудования: выход из строя одного из двух уплотняющих элементов дейдвудного устройства, работающих на масляной смазке; отказ датчика сигнализации о протечках топлива в трубопроводе высокого давления; отказ масляного/топливного фильтра при наличии обходного пути в системе подачи смазочного масла (топливоподачи). Отказы третьего типа хотя и не ведут к обязательному возникновению аварий второго и первого типов, но могут стать начальным событием в сценарии такой аварии.

По устраняемости отказы разделим на четыре категории в зависимости от времени, необходимого на выявление причины аварии и устранение ее последствий:

— оперативно устраняемый (до 30 мин), например, идентификация отказа одного из датчиков аварийно-предупредительной системы с применением системы самодиагностики;

— быстро устраняемый (время обнаружения и устранения неисправности меньше времени, за которое может прийти на помощь ближайшее судно при подаче сигнала бедствия). Например, устранение последствий разрушения упругих элементов муфты на одновальном судне путем стягивания ее каркаса специальным зажимом или шпильками;

— длительно устраняемый (требуется время большее, чем необходимо для подхода ближайшему судну при подачи сигнала бедствия). Зависит также от маршрута исследуемого судна, ожидаемой оживленности морских путей в районе предполагаемой эксплуатации и удаленности от портов-убежищ;

— неустраняемый отказ (причину аварии невозможно идентифицировать и/или устранить ее последствия силами экипажа).

Время ремонта может определяться в соответствии с нормативами,

Тяжесть последствия отказа

Критерий				Внезапность возникновения отказа							
				Ожидаемый				Внезапный			
				Устраняемость							
				Опер.	Быстр.	Длит.	Неустр.	Опер.	Быстр.	Длит.	Неустр.
Сопутствующие факторы	отсутствуют	Критичность	«3»	1	1	2	2	3	3	4	4
			«2»	1	2	3	5	3	4	5	7
			«1»	2	4	5	6	4	6	7	8
	присутствуют		«3»	2	2	4	4	4	4	6	6
			«2»	2	3	5	6	4	5	7	8
			«1»	4	6	7	8	6	8	9	10

приводимыми изготовителем оборудования, а ожидаемое время, требуемое на поиск причин аварии, — с учетом рекомендаций, предлагаемых, например, в [7].

По наличию сопутствующих аварии факторов, приводящих к дальнейшему развитию рассматриваемого сценария аварии, возможна следующая классификация:

— сопутствующие факторы присутствуют (например, потеря хода в штормовую погоду);

— сопутствующие факторы отсутствуют (например, неисправность одного средства пуска аварийного дизель-генератора при исправном втором средстве).

В соответствии с предложенной классификацией создается матрица, позволяющая определить тяжесть последствия каждого нежелательного события с точки зрения влияния на безопасность СЭУ (таблица). В работе [7] проанализированы многочисленные статистические материалы по авариям на морских и речных судах. С использованием матрицы последствия были проранжированы в баллах от 1 до 10, что позволило выявить критичные элементы, характерные для разных вариантов комплектации СЭУ. Полученный практический опыт был использован при оценке риска дальнейшей эксплуатации СЭУ, имеющих наработку. В частности, исследования были выполнены для пропульсивной установки и главных двигателей судна пр. 1077U для перевозки генерального груза, главных и вспомогательных судовых двигателей типа ЧН25/34, эксплуатируемых на судах Дальневосточного бассейна (суммарная наработка двигателей 39,9 тыс. ч) и главного двигателя правого борта типа 6ЧН40/46 исследовательского судна пр. 12883.

Разработанная матрица позволяет присвоить уровень опасности каждому нежелательному событию с элементами СЭУ в соответствии с методом анализа характера отказов и их последствий и методом количественной оценки риска для случая, когда при исследовании деревьев событий не делается допущения о том, что отказ любого элемента приводит к отказу всей системы, и тем самым внести вклад в процесс обеспечения надежности и безопасности СЭУ как на этапе их проектирования, так и эксплуатации.

Литература

1. *Медведев В. В.* Методические рекомендации по прогнозу и оценке рисков при проектировании судовых энергетических установок и их элементов//Судостроение. 2009. № 2.
2. *Медведев В. В., Семионичев Д. С.* Методические рекомендации по прогнозу и оценке рисков при обосновании целесообразности модернизации судовых энергетических установок//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. 2009. Вып. 32.
3. *Емельянов М. Д.* Критичные элементы морских судов//Судостроение. 2008. № 6.
4. *Егоров Г. В.* Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. СПб.: Судостроение, 2007.
5. *Румб В. К., Семионичев Д. С.* Моделирование ударных колебаний судовых валопроводов при случайном взаимодействии лопастей гребного винта со льдом//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. 2002. Вып. 25.
6. *Медведев В. В.* Методы обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок на основе имитационного моделирования: Дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: СПГУВК, 2011.
7. *Семионичев Д. С.* Управление техническим состоянием судовой энергетической установки на основе метода формализованной оценки безопасности: Дис. ... к-та техн. наук. СПб.: СПГУВК, 2010.

РОССИЙСКИЕ ВЫСОКООБОРОТНЫЕ ДИЗЕЛИ — СЕГОДНЯ И ЗАВТРА[1]

П. Г. Плавник, канд. экон. наук, председатель совета директоров ОАО «Звезда», **Е. Ю. Лерман,** докт. техн. наук, советник по маркетингу ОАО СЗ «Северная верфь»

УДК 621.436

Кризисное состояние отечественного дизелестроения достаточно подробно анализировалось в течение практически десяти лет [1, 2]. Попытки инженерного сообщества изменить что-либо за этот период к 2012 г. начали менять ситуацию в позитивном направлении.

Доминирующее распространение дизельного привода в составе различных силовых агрегатов объясняется такими его достоинствами, как высокая готовность к действию, маневренность, топливная экономичность, компактность, незначительная чувствительность к параметрам окружающей среды, а также относительно высокая долговечность, простота технического обслуживания. В связи с тем, что дизель не является продуктом конечного использования, до последнего времени проблемы дизелестроения находились как бы в тени глобальных проблем развития судостроения, транспорта, энергетики и оборонной техники. Например, в составе судового пропульсивного комплекса двигатели используются в различных комбинациях с турбинами, валогенераторами, насосами и др., поэтому необходима их комплектация редукторами, системами управления, контроля и диагностики. Следует отметить, что зарубежные дизелестроительные фирмы осуществляют, в основном, комплексные поставки, включающие в том числе и движители, что создает им определенные преимущества перед отечественными заводами, не освоившими такую логистику. В то же время следует учитывать, что судостроение — весьма специфическая отрасль промышленности, аккумулирующая в своей продукции достижения большого числа смежных отраслей (металлургии, машиностроения, электроники и т. п.). Таким образом, судостроение стимулирует развитие смежных отраслей, создавая условия для достижения высокого научно-технического уровня их продукции. Можно сказать, что, с одной стороны, судостроение — индикатор уровня развития экономики государства, с другой — стимулирующее звено экономического развития. Известно, что создание одного рабочего места в судостроении влечет за собой появление 4—5 рабочих мест в смежных отраслях. В то же время характерными особенностями отрасли являются высокая наукоемкость кораблей и судов, длительность циклов разработки и постройки, высокая капиталоемкость продукции отрасли, необходимость закупки значительной доли комплектующего оборудования за рубежом [3].

После многих лет дискуссий Распоряжением Правительства РФ от 21.04.2011 г. № 710-р была утверждена концепция подпрограммы «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011—2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения» в составе ФЦП «Национальная технологическая база» [4]. Концепцией предусматривается развитие среднеоборотных дизелей различного назначения мощностью от 500 до 7500 кВт и высокооборотных дизелей мощностью 400—3000 кВт. К сожалению, концепция составлена так, как будто в стране не было огромного опыта разработки и производства широкой номенклатуры дизелей различного назначения. Действительно, за последние 20 лет в России произошли необратимые потери. Так, прекратили свое существование заводы «Русский дизель» и «Дальдизель», претерпел банкротство и практически не функционирует ФГУП ЦНИДИ (Центральный научно-исследовательский дизельный институт), другие российские заводы более чем в десятки раз снизили выпуск продукции. Харьковский завод им. Малышева, Токмакский завод «Юждизельмаш», «Первомайский завод им. 25-летия Октября», ВПТИ «ЭНЕРГОМАШ», а также Рижский дизельный завод (РДЗ) оказались за рубежом и отдалились от российских проблем, хотя и предпринимают отдельные попытки по участию в рыночных процессах России. При этом РДЗ прекратил существование как дизелестроительный завод, найдя свою нишу в области сборки дизель-генераторов. Производство редукторов для газотурбинных и дизель-газотурбинных судовых силовых установок и собственно судовых турбин осталось в Украине («Зоря-Машпроект», Николаев). При этом в концепции постоянно декларируется тезис о низких параметрах отечественных дизелей и их отставании от зарубежных. К сожалению, авторы концепции очевидно не в полной мере осознают, что дизель, не являясь продуктом конечного пользования, создается для обеспечения потребительских свойств конечной продукции, и если продукция не заказывается, то и дизели с соответствующими техническими характеристиками не выпускаются. Это относится как к морской и сухопутной тематике, где соответствующий оборонный заказ весьма мал, так и к гражданскому флоту.

Как и все основные отрасли машиностроения советское дизелестроение было ориентировано на выполнение оборонного заказа, а народное хозяйство получало технику по остаточному принципу — «берите, что есть». Очевидно, что все это объясняется недостаточным пониманием логики развития техники и дизелестроения в частности. Действительно, может быть выбрана очень удачная размерность дизеля, но конструкция не может существовать вечно. Любая техника имеет период роста, расцвета, а затем неминуемо следуют этапы спада и доживания. Однако ремонт и поддержание эксплуатационной пригодности основного объекта может длиться и более 40 лет с момента поставки последнего дизеля. И если предприятие не выпускает дизельную продукцию, то и со-

[1]Статья, впервые опубликованная в журнале «Двигателестроение» в 2012 г., № 4(250), печатается с разрешения авторов и редакции межотраслевого научно-технического и производственного журнала «Двигателестроение».

держание оборудования для выпуска запчастей становится нерентабельным.

Широкая экспансия зарубежных фирм на российский рынок обусловлена в первую очередь их долгосрочными стратегическими интересами. Аналитикам этих компаний представляется, что через 10—15 лет Россия выйдет из полосы глубокого экономического кризиса и превратится в потенциально неограниченного потребителя дизельной продукции. Здесь хотелось бы заметить, что начавшийся процесс применения зарубежных дизелей на военной технике послужил причиной возникновения ранее не прогнозируемых проблем. Так, отечественные дизели были вытеснены последовательно сначала с малотоннажного флота проектов 21270 «Буревестник», 12150 «Мангуст», 12200 «Соболь», 21600 «Хоста» и др. В настоящий момент предусматривается установка зарубежных дизелей на корветах пр. 20385 вместо дизелей ОАО «Коломенский завод» с редукторами ОАО «Звезда». Известно, что российский производитель обязан поставлять свое изделие с гарантийным сроком 5 лет с момента ввода в эксплуатацию и не менее 7 лет с момента отгрузки. Зарубежные двигатели поставляются с коммерческой гарантией 12 мес с момента ввода в эксплуатацию и 18 мес с момента отгрузки. Увеличение срока гарантии, на которое инофирмы идут крайне неохотно, стоит достаточно дорого — до 10% договорной цены.

После установки зарубежного дизеля на судне в контрактных документах не появилось записей о том, что гарантии на импортное оборудование соответствуют заданным их поставщиками. Кроме того, наличие «черных ящиков» в импортной технике позволяет найти множество нарушений, приводящих к прекращению гарантии. И судостроительные заводы становятся заложниками ситуации, так как подготовка личного состава и его менталитет не обеспечивают должный уровень обслуживания при эксплуатации сложной техники. При аварии гарантийный корабль должен быть введен в строй заводом-строителем в кратчайшие сроки. Финансирование гарантийного ремонта проводится верфью с весьма призрачной надеждой на получение компенсации от виновника аварии.

К сожалению, анализ технического уровня отечественных быстроходных судовых дизелей показывает значительное отставание от продукции фирм MTU, MAN. Помимо широчайшего диапазона мощностей (от 400 до 4400 кВт), например, фирма MTU (при удельных массах высокофорсированных дизелей не критично выше суперлегких отечественных) обеспечивает в два раза больший ресурс. Объективное положение дел в машиностроении, особенно судовом, привело на настоящий момент к давно прогнозировавшейся ситуации «разрыва связи времен». Новую прогрессивную дизельную технику проектировать в России некому, да и производить ее не на чем и негде. Так, обновление станочного парка последние двадцать лет практически не проводилось, а применявшиеся технологии и построенные под них корпуса соответствуют 50—70-м годам прошлого века. Философия современного проектирования, когда для дизелей одной размерности, но разной форсировки и назначения, для одних и тех же базовых деталей должны применяться разные по стоимости материалы, не может быть реализована из-за отсутствия гибких технологий обработки. Отсутствуют или не производятся многие материалы, например, производство чугуна с вермикулярным графитом так и не было освоено, несмотря на наличие ГОСТа.

Тем не менее, подвижки в политике государства, формализованные в виде заключенных государственных контрактов на создание перспективных отечественных дизелей, появились. Один из таких контрактов — «Разработка базовых образцов модельного ряда высокооборотных дизельных двигателей для дизель-генераторных установок самоходного подвижного железнодорожного состава, маневровых тепловозов малой мощности, строительной техники, пропульсивных комплексов судов внутреннего и прибрежного плавания, катеров военно-морского флота в мощностном диапазоне 400—1700 кВт», в результате проведенного Минпромторгом РФ конкурса, заключен с ОАО «Звезда». Представлялось логичным, если бы «Звезда», имеющая почти 60-летний опыт выпуска быстроходных дизелей двух размерностей — ЧН18/20 мощностью от 300 до 1100 кВт и ЧН16/17 мощностью от 800 до 8000 кВт, выполняла весь комплекс работ по моторам этого класса. Однако 94 ФЗ, о необходимости корректировки которого говорят во всех отраслях промышленности, опираясь только на «формальную» логику, позволил выиграть лот на создание высокооборотных дизелей в диапазоне 1700—3000 кВт Уральскому дизель-моторному заводу, имеющему большой опыт по выпуску дизелей мощностью до 1750 кВт.

Указанные НИОКР выполняются в рамках федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» на 2007—2011 годы по подпрограмме «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011—2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения».

В качестве основного соисполнителя проекта ОАО «Звезда» привлекла известную австрийскую инжиниринговую фирму AVL, имевшую опыт работы с заводами-производителями автомобильных дизелей в РФ. AVL имеет высокий авторитет в Европе и широко привлекается ведущими дизелестроительными фирмами в качестве соисполнителя. В ре-

Таблица 1

Основные параметры базового дизеля V-12 нового модельного ряда судовых дизелей

Наименование параметра	Режим M1	Режим M2	Режим M3
Мощность цилиндровая, кВт	150	120	90
Диаметр цилиндра, мм	148		
Ход поршня, мм	175		
Частота вращения, об./мин	2300	2100	1900
Скорость поршня, м/с	13,41	12,25	11,08
Среднее эффективное давление, бар	26,0	22,78	18,88
Максимальное давление сгорания, бар	230	210	180
Выбросы NO_x	IMO 3	IMO 3	IMO 3

Мощность (ICFN по ИСО 3046-1) двигателей для пропульсивных комплексов назначается исходя из режима нагружения:

✓ M1 — общая наработка на режиме полной мощности не более 10% в год; применение для скоростных патрульных судов, скоростных яхт; ключевые компетенции — экономичность, малая удельная масса;

✓ M2 — общая наработка на режиме полной мощности не более 30% в год; применение для рабочих судов, скоростных пассажирских судов; ключевые компетенции — экономичность, экология, моторесурс;

✓ M3 — без ограничения по режимам; применение для рабочих судов; ключевые компетенции — экономичность, экология, моторесурс.

зультате совместной деятельности должны быть созданы, испытаны и доведены до заданных показателей дизели судового, локомотивного, дизель-генераторного и промышленного назначения. Работа выполняется на основе использования новейших зарубежных разработок, последних достижений науки и техники, с учетом опыта создания и эксплуатации аналогов, ранее выполненных прикладных научных исследований и разработок, в результате чего должно быть обеспечено получение наукоемкой продукции, конкурентоспособной на мировом уровне. В составе группы конструкторов работают как специалисты AVL, так и российские конструкторы. Основные параметры нового модельного ряда судовых дизелей, создаваемых ОАО «Звезда», приведены в табл. 1.

Очевидно, что головные образцы нового модельного ряда будут собираться из импортных компонентов. При этом процедура выбора партнеров AVL достаточно отработана и, в отличие от отечественных традиций, отдельные узлы и детали (кольца, поршни, турбокомпрессоры и т. д.) создаваемых дизелей при освоении их серийного производства будут заказываться специализированным фирмам. В случае требования заказчика привлечь в качестве поставщика российскую фирму ответственность за результат в данном сегменте несет заказчик.

Следует отметить, что мероприятия ФЦП содержат целый комплекс проектов по созданию компонентов дизеля — топливной аппаратуры, турбокомпрессоров и т. д. [5]. К сожалению, никакой целевой связи проектов по созданию компонентов дизелей с темами по созданию новых семейств дизелей различного назначения не имеется. Более того, зачастую победителем в конкурсе, «благодаря» тому же 94 ФЗ, становятся фирмы, не известные в профессиональном сообществе дизелистов. Таким образом, локализации производства компонентов для вновь создаваемых дизелей в результате выполнения ФЦП гарантированно не произойдет.

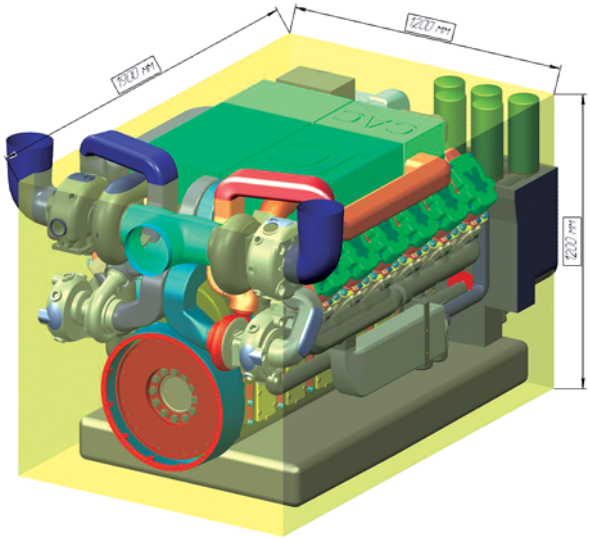


Рис. 1. **Габариты базового 12-цилиндрового дизеля**

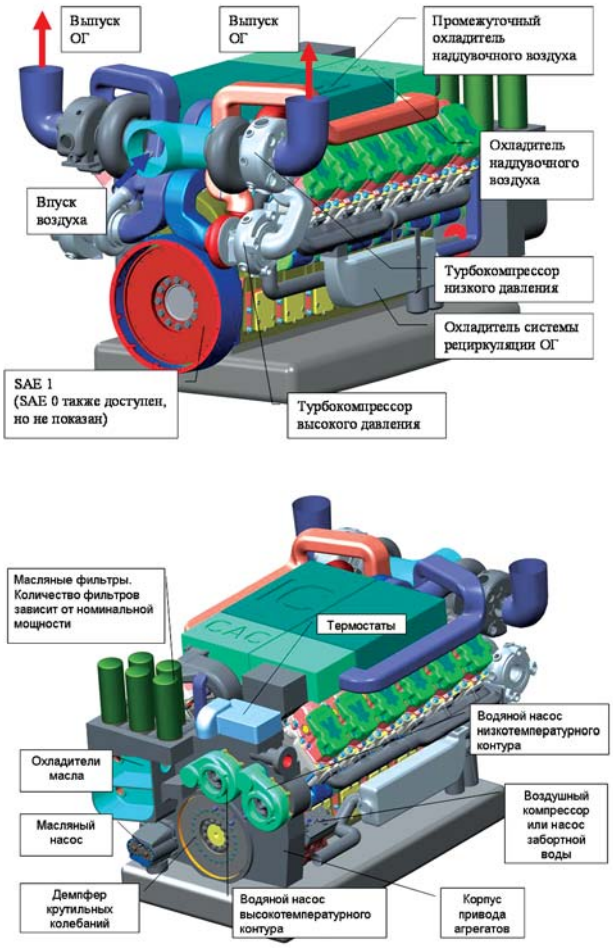


Рис. 2. **Компоновочное решение для 12-цилиндрового дизеля**

Хочется отметить еще ряд явных и существенных недостатков мероприятий по реализации ФЦП. Сроки, предлагаемые для создания новых дизелей (3 года), не соответствуют мировому опыту, где они составляют порядка 5—7 лет. Целевые показатели программы в денежном выражении не подкреплены планами судостроения (кораблестроения), локомотивостроения и создания других видов техники с приводом от дизелей. Тем не менее работы по созданию ряда дизелей мощностью 400—1700 кВт на ОАО «Звезда» полностью развернуты.

Мощностные показатели, которые планируется обеспечить при выполнении проекта, приведены в табл. 2. Габаритные размеры базового образца судового дизеля V-12 приведены на рис. 1, а общее расположение агрегатов и основные компоновочные решения — на рис. 2.

Анализ хода работ показывает, что в основном он соответствует плановым срокам, и в 2014 г. будут построены базовые образцы. Но к этому моменту должны быть решены два основных вопроса:

✓ нахождение места новых образцов техники на рынке судовых, дизель-генераторных силовых установок и в подвижном составе РАО РЖД;

✓ создание условий для производства новых дизелей.

Представляется, что государство, вкладывающее средства в создание техники, должно быть заинтересовано в ее широком внедрении. Для этого, по нашему мнению, необходимо консолидировать деятельность разрозненных, принадлежащих различным собственникам заводов, по крайней мере, в части координации расходования средств на создание

компонентов, согласованного продвижения новой продукции на внутреннем рынке. Целесообразно рассмотреть возможность создания ОАО, которое в качестве управляющей компании координировало и контролировало бы воссоздание отечественного дизелестроения, реализуя основную функцию — рациональное расходование средств ФЦП.

В заключение хочется привести абзац из письма П. А. Столыпина морскому министру И. К. Григоровичу «...обнаружен ряд заключенных Николаевскими заводами с отечественными, так и с иностранными промышленными предприятиями весьма невыгодных для казны и ставящих наше военное судостроение в зависимое от заграничных предприятий положение соглашений о порядке исполнения заказов морского ведомства по сооружению новых судов в Балтийском и Черном морях. Находя, со своей стороны, что быстрое пополнение нашего флота отвечающими современным боевым требованиям судами может быть достигнуто лишь при соблюдении должной экономии в расходовании на этот предмет средств государственного казначейства и при обеспечении за морским ведомством полной независимости от иностранных судостроительных фирм, долгом считаю просить Ваше Превосходительство не отказать уведомить меня о мерах, какие Вы сочли нужным принять для устранения тех неблагоприятных для отечественного судостроения условий...» [6]. К такому пониманию проблемы технологической безопасности государства сложно что-либо добавить.

Таблица 2

Основные параметры судовых дизелей

Мощность на режиме М1				
Число цилиндров	6	8	12	16
Мощность, кВт	900	1200	1800	2400
Частота вращения, об./мин	2300			
Мощность на режиме М2				
Число цилиндров	6	8	12	16
Мощность, кВт	720	960	1440	1920
Частота вращения, об./мин	2100			
Мощность на режиме М3				
Число цилиндров	6	8	12	16
Мощность, кВт	540 (360 при 1500 об./мин)	720	1080	1440
Частота вращения, об./мин	1900			

Литература

1. *Лерман Е. Ю., Горшков В. Ф., Барановский В. В.* Судовое дизелестроение: современное состояние и перспективы//Судостроение. 2004. № 3.
2. *Лерман Е. Ю.* Состояние отечественного судового высокооборотного дизелестроения: Материалы межотраслевой научн.-техн. конф. СПбГМТУ «Актуальные проблемы развития поршневых ДВС». СПб., 2008.
3. *Пашин В. М.* Судостроение — проблемы и перспективы//Металлы Евразии. 2002. № 6.
4. Программа «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011—2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения» федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» на 2007—2011 годы.
5. *Новиков Л. А.* Итоги торгов по лотам подпрограммы «Создание и организация производства в РФ в 2011—2015 гг. дизельных двигателей и их компонентов нового поколения», разыгранных в 2012 г.//Двигателестроение. 2012. № 1.
6. Письмо П. А. Столыпина И. К. Григоровичу от 04.05.1911 г. № 2227. РГИА, ф. 1276, п. 4, д. 42, л. 95—95 об. На бланке «Председатель Совета министров».

ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В. Г. Шевченко, В. И. Швеев, докт. техн. наук, **А. Ю. Марчук**
(ВУНЦ ВМФ «ВМА», e-mail: vunc-vmf@mil.ru)

УДК 629.5.083: 629.5.03-8

Одним из перспективных путей повышения эффективности эксплуатации и ремонта ядерных энергетических установок (ЯЭУ) является внедрение методов и средств прогнозирования технического состояния (ТС) оборудования для формирования упреждающих (управляющих) воздействия или своевременного проведения восстановительных работ, не допускающих срыва свойств установки. Учитывая актуальность этого вопроса для ВМФ, необходимо признать, что практическая сторона прогнозирования ТС оборудования развита слабо: не систематизированы и недостаточно проработаны пути повышения эффективности диагностирования и прогнозирования (ДиПр) ТС оборудования в эксплуатационных условиях, показатели каналов ДиПр во взаимосвязи с решением задач идентификации ТС; недостаточно развиты вопросы прогнозирования технического и виброакустического состояния для обеспечения безопасности и скрытности атомной подводной лодки (ПЛА), режимного управления виброакустическим состоянием оборудования и др.

Цели прогнозирования ТС оборудования ЯЭУ (ТС ЯЭУ) могут быть определены в соответствии с видами прогнозов. Различают поисковый прогноз, целью которого является определение возможного ТС в будущем, и нормативный прогноз, — определение сроков достижения заданных ТС оборудования.

К важнейшим задачам прогнозирования ТС ЯЭУ можно отнести:

— определение пригодности оборудования для эксплуатации ЯЭУ в течение заданного упрежденного интервала времени в интересах поддержания заданных свойств ПЛА;

—оценку остаточного ресурса оборудования ЯЭУ;

— установление необходимости, объема и времени проведения работ по техническому обслуживанию оборудования ЯЭУ;

— определение необходимой периодичности диагностирования оборудования ЯЭУ для обеспечения заданной безотказности его работы;

— адаптацию ДМ оборудования к изменяющимся условиям эксплуатации;

— идентификацию ТС оборудования в процессе эксплуатации с учетом обеспечения заданной вероятности его безотказной работы.

Решение этих задач направлено на повышение надежности, безопасности и живучести ЯЭУ, скрытности ПЛА и снижение ее аварийности, совершенствование системы технического обслуживания за счет перехода к техобслуживанию оборудования по техническому состоянию и своевременную подготовку необходимого ЗИПа и других материалов для проведения восстановительных работ.

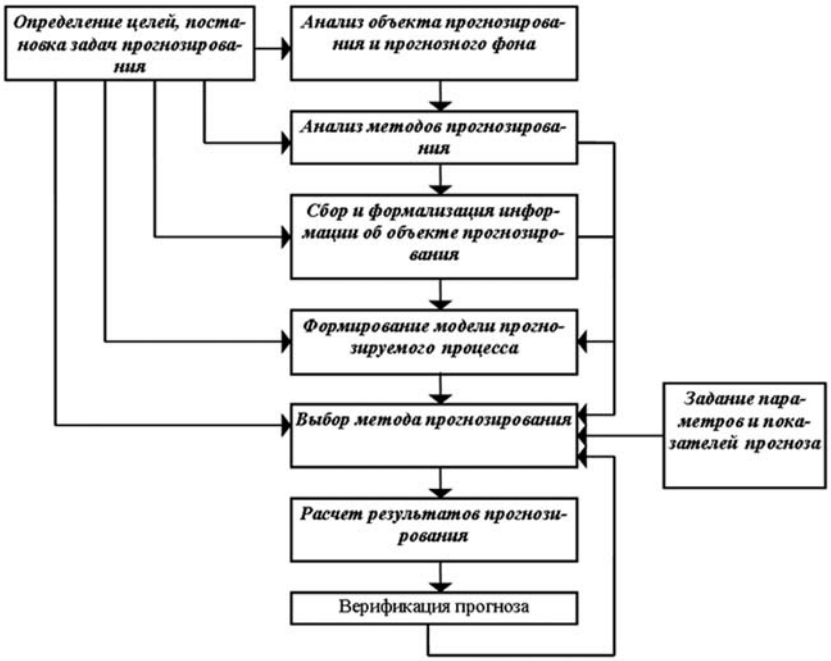


Рис. 1. Структурная схема процесса

Основными предпосылками осуществления прогнозирования ТС ЯЭУ являются: сформулированная задача прогнозирования, наличие необходимых исходных данных о состоянии прогнозируемых процессов до настоящего момента времени, сформированная модель процесса изменения ТС, наличие методов и средств прогнозирования (рис. 1).

Особенности прогнозирования ТС ЯЭУ определяются тем, что процессы деградации и старения, приводящие к развитию дефектов, находят свое отражение в показаниях прогнозных параметров случайным образом. На величину прогнозных параметров оказывает значительное влияние наличие помех, связанных с условиями эксплуатации оборудования ЯЭУ. Особо следует отметить необходимость учета влияния внешних эксплуатационных факторов на показатели виброакустического состояния оборудования.

Для успешного решения задач прогнозирования ТС ЯЭУ необходим выбор метода прогнозирования. В зависимости от информационного основания введем параллельную и последовательную классификацию методов. Параллельная классификация включает деление методов по ряду признаков (рис. 2).

Последовательная классификация (рис. 3) выполнена трехуровневой. Каждый уровень определяется своим классификационным признаком: степенью формализации, общим принципом, способом обработки априорной информации. По степени формализации все методы прогнозирования делятся на интуитивные и формализованные.

Рассматривая их с точки зрения возможности использования в автоматизированной системе прогнозирования, остановимся более подробно на методах прогнозной экстраполяции, в которых процесс изменения ТС ЯЭУ оценивается на основе аналитической прогнозной модели. Основу таких методов составляют результаты изучения временных рядов, представляющих собой упорядоченные во времени наборы данных измерений тех или иных характеристик объекта прогнозирования.

В качестве математического аппарата экстраполяции используют методы теории интерполяции, сглаживания, аппроксимации, регрессионный и корреляционный анализы. Задача экстраполяционных методов заключается в определении вида экстраполирующих функций на основе исходных эмпирических данных. С этой целью производится предварительная обработка и преобразование данных путем сглаживания, выравнивания временного ряда, определения дифференциального роста, а также формального и логического анализа особенностей процесса.

Одним из наиболее распространенных приемов построения прогнозов взаимосвязанных случайных переменных является использование методов регрессионного и корреляционного анализов, в том числе и для прогнозирования состояния оборудования ЯЭУ при наличии многомерной информации.

В составе СТД могут быть использованы и другие известные методы прогнозирования, основанные на вариационном исчислении, теории размытых множеств, цепях Маркова и других теоретических подходах.

Выбор метода для решения задач прогнозирования ТС ЯЭУ в общем случае зависит от формулировки и постановки задач прогнозирования, качества и полноты ретроспективной информации, вида математической модели прогнозируемого процесса и требуемых показателей прогнозирования.

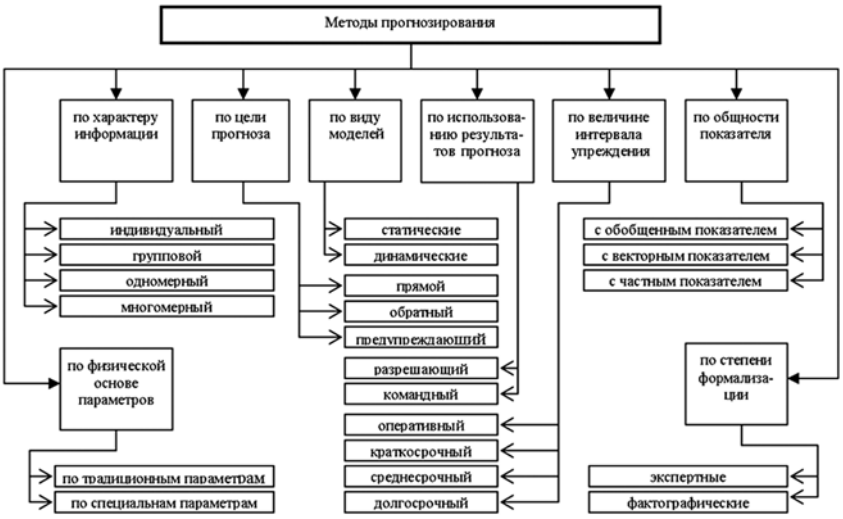


Рис. 2. Параллельная классификация методов

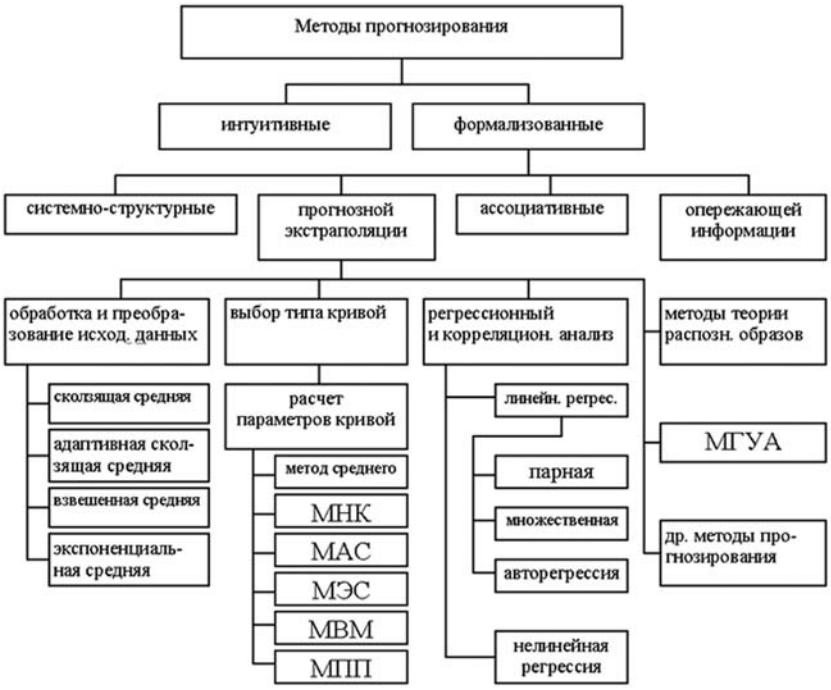


Рис. 3. **Последовательная классификация методов**

Реальный путь получения практически значимых результатов — построение интерактивной автоматизированной системы прогнозирования, адаптированной к объекту прогнозирования и имеющей банк методов прогнозирования возможностью выбора наилучшего из них. В этих условиях сформированные показатели каналов ДиПр призваны автоматизировать этот процесс в пространстве известных признаков изменения ТС оборудования с учетом влияния эксплуатационных факторов.

Рассмотрим один из методов прогнозирования технического состояния оборудования ЯЭУ с использованием теории распознования образов.

Использование многомерной информации повышает достоверность диагностирования и прогнозирования ТС оборудования, однако усложняет процесс ее совместного анализа для принятия решений, связанный с определением в эксплуатационных условиях значимости и независимости исследуемых параметров, обобщением характера их изменения во времени, оценкой точности прогнозирования и т. д. Учитывая ряд ограничений существующих подходов и накопленный опыт исследований изменения ТС оборудования, в данной работе использован обобщенный показатель состояния, который позволяет решать отдельные прогнозные задачи уже в настоящее время на основе использования традиционно измеряемых параметров эксплуатируемых ПЛА. Внедрение специальных методов ДиПр, увеличивающих ГПД, позволит расширить практическую значимость такого подхода.

Обобщенный показатель состояния $S(\tau)$ рассчитывается по массиву ретроспективной диагностической информации. Замена многомерного временного ряда на временной ряд обобщенного показателя $S(\tau)$ позволяет снизить размерность признакового пространства, упростить построение прогнозных моделей и расчет показателя $S(\tau)$ на заданный интервал упреждения, сохраняя при этом информативность оценки изменения состояний оборудования. Полученный временной ряд $S(\tau)$ аппроксимируется эмпирическими зависимостями $S = f(\tau)$ известными методами при заданной доверительной вероятности с определением доверительных границ.

Блок-схема такого алгоритма прогнозирования представлена на рис. 4.

Особенностью построения прогнозной модели при включении в обобщенный показатель параметров различной размерности Y_i является необходимость приведения массива ретроспективной информации $Y(Y_1,..., Y_i,..., Y_m)$ к безразмерному виду $Y_i^1 = Y_i/(\sigma_{yi}^2)^{0,5}$, где σ_{yi}^2 — дисперсия параметра Y_i. Центрирование исходного массива в отличие от особенностей решения диагностических задач необходимо производить относительно начальных параметров, характеризующих исходное состояние оборудования.

В условиях эксплуатации установки наблюдаются флуктуации обобщенного показателя $S(\tau)$ под действием случайных факторов, значимое изменение которого, оцениваемое дисперсионным методом, определяет начало прогнозирования. Допустимое значение обобщенного показателя $S_\Delta(\tau)$ формируется в соответствии с его предельной величиной, которая рассчитывается по допустимым значениям исходных параметров, определяемых нормативно-технической документацией или условиями эксплуатации оборудования.

Заключение. Перспективными для решения задач прогнозирования ТС энергетического оборудования являются методы статистической классификации. Особенность этих методов заключается в построении обучающей выборки процессов изменения ТС оборудования ЯЭУ на период прогнозирова-

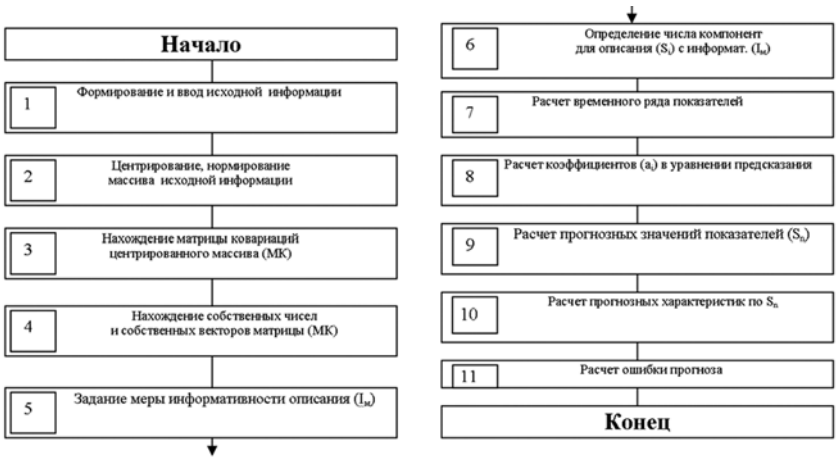


Рис. 4. **Блок-схема алгоритма прогнозирования многомерных характеристик оборудования ЯЭУ**

ния. Для методов статистической классификации используют аппарат теории распознавания образов: методы разделения в пространстве признаков по дискриминантным и потенциальным функциям, метрические методы и другие. Процедура прогнозирования на основе методов теории распознавания образов включает определение классов состояния исследуемого объекта, которые могут быть заданы как диапазонами изменения некоторых параметров, так и качественными характеристиками. По совокупности этих признаков, отражающих изменение ТС оборудования во времени, находится принадлежность каждого нового состояния к определенному классу.

Литература

1. *Швеев В. И.* Диагностирование и прогнозирование технического состояния оборудования корабельной ЯЭУ. Дисс. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. Л.: ВМА, 1989.
2. *Климов Е. Н.* Основы технической диагностики судовых энергетических установок. М.: Транспорт, 1980.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ ЯЭУ ЗАРУБЕЖНЫХ ГОСУДАРСТВ

С. А. Петров (НИИ КиВ ВМФ), **С. М. Неевин**, **Л. Б. Соколова** (ОАО «ОКБМ Африкантов»)

УДК: 621.5.083

Использование ядерной энергетики позволяет обеспечить значительную энерговооруженность корабельных потребителей, неограниченную дальность плавания кораблей, концентрацию большой мощности установки в одном агрегате относительно небольших габаритов, независимость кораблей от пунктов базирования (дислокации) при решении задач плавания. За период освоения и использования корабельной ядерной энергетики с середины 50-х годов XX века ведущими государствами мира (США, СССР—Россия, Великобритания, Франция и Китай) построено (к началу 2012 г.) более 540 кораблей и судов с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ).

В настоящее время ЯЭУ размещаются при строительстве кораблей для ВМС следующих государств: США (ПЛА[1] и авианосцы, в разработке новые ПЛАРБ — строительство планируется к 2029 г.); Великобритании (в разработке новые ПЛА — строительство к 2020 г., в разработке новые ПЛАРБ — строительство к 2024 г.); Франции (ПЛА — строительство к 2017 г.); Китая (ПЛАРБ и ПЛА, в разработке авианосец — строительство к 2020 г.); Индии (ПЛА, в разработке ПЛАРБ и авианосец); Бразилии (в разработке ПЛА — строительство к 2020 г.). К другим странам, выразившим намерение арендовать или строить ПЛА, следует отнести Аргентину, Иран, Пакистан, Венесуэлу, Канаду и Австралию.

Разработка кораблей с ЯЭУ для ВМС США. В ближайшие 25—30 лет для ВМС США планируется построить более 60 новых и модернизировать до 20 кораблей с ЯЭУ. Это практически новый атомный флот. Объявляется о намерении ВМС США начать в 2019—2023 фин. гг. реализацию новой программы МСЯС. Планируемая численность американских кораблей с ЯЭУ, предлагаемых к строительству в ближайшие 30 лет, представлена на рис. 1.

ЯЭУ американских ПЛА типа «Virginia» (головная ПЛА принята в 2004 г., до 2020 г. планируется построить 30 ед.) имеют следующие особенности:

— значительно более компактная и простая по конструкции ядерная реакторная установка (ЯРУ), обладающая при этом существенно большей плотностью энергии по сравнению с установками ПЛА предыдущих поколений ВМС США;

— по сравнению с лодками типа «Los Angeles Improved» и «Seawolf» SSN 21 на ПЛА типа «Virginia» SSN 774 размещено значительно меньшее количество насосов, арматуры и подвесок, отключающих элементов, а также несерийного оборудования, что позволило предусмотреть на 15 боевых постов меньше, чем на ПЛА типа «Seawolf» SSN 21 (сокращение коснулось также зоны обслуживаемого оборудования ЯЭУ);

— срок службы активной зоны ЯРУ типа S9G увеличен до 30 лет (по другим данным до 33 лет); после 2010 г. поставляемые на корабли зоны будут способны обеспечить (30—50)%-ное увеличение выходной мощности корабельной ЯЭУ.

ЯЭУ авианосца нового поколения CVN 21 (планируется построить 10 кораблей с пятилетним темпом их ввода в состав флота, начиная с 2015 г.). Применяемая ЯЭУ с увеличенной (на 25%) выходной мощностью отличается более простой конструкцией и меньшим числом компонентов:

— *в реакторных установках* используются активные зоны с большим запасом ядерного топлива и новой более эффективной системой насосного оборудования, количество основного механического оборудования — насосов, клапанов, трубопроводов и конденсаторов — снижено вдвое по сравнению с реакторными установками АВ типа «Nimitz». Применение перспективных технологий в корабельных ЯРУ обеспечивает снижение примерно на 50% стоимости технического обслуживания;

— *в паротурбинных установках* используется в 4—6 раз меньшее количество клапанов и типоразмеров трубопроводов, чем на АВ типа «Nimitz»: число клапанов уменьшено до 200 ед. с более чем 1200, количество типоразмеров трубопроводов снижено до 8 с более чем 30;

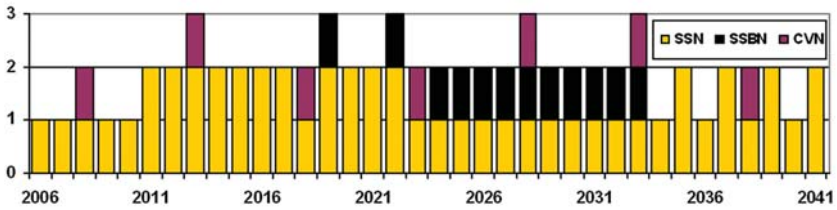


Рис. 1. **Строительство американских кораблей с ЯЭУ в период до 2041 г.**

[1] Здесь и далее: ПЛА (SSN) — атомная подводная лодка; ПЛАРБ (SSBN) — ПЛА с баллистическими ракетами; МСЯС — морские стратегические ядерные силы; АВ (CVN) — авианосец; ГТЗА — главный турбозубчатый агрегат; ГЭД — гребной электродвигатель.

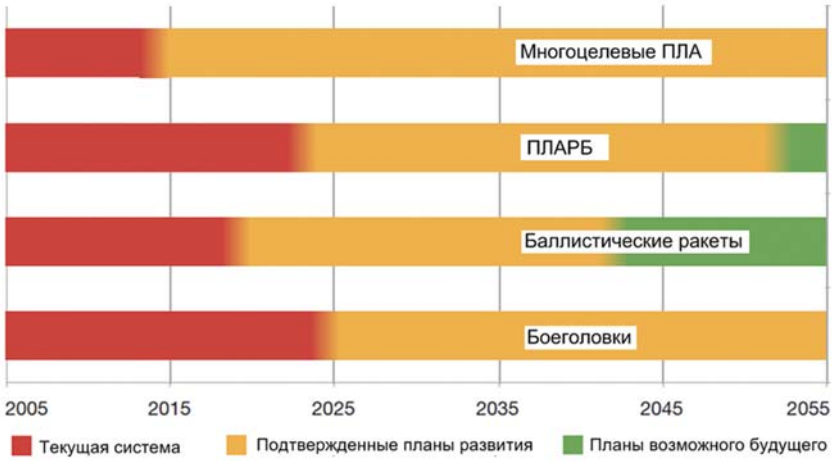


Рис. 2. **Государственная программа развития атомных подводных лодок Великобритании**

— *новые электрогенераторы и система распределения электроэнергии* по мощности превосходят в 3 раза эксплуатируемые на АВ типа «Nimitz». Внедрение перспективной концепции электроэнергетической системы (ЭЭС) позволило перевести на электроприводы различное корабельное и энергетическое оборудование, что обеспечит преимущества в части упрощения обслуживания, контроля возможных повреждений, простоты модернизации и пр.;

— *применение современных электронных средств* индикации и управления позволяет уменьшить в три раза (с 60 до 20) количество боевых постов по обслуживанию корабельной ЯЭУ.

Проект корабельной ЯЭУ впервые разрабатывался с учетом планируемого 50-летнего срока службы АВ. Намечено значительно (в 2—3 раза) сократить количество плановых текущих (с 16 до 8) и доковых (с 6 до 2) ремонтов по сравнению с АВ типа «Nimitz» с учетом опыта эксплуатации последних.

Оснащение проектируемых авианосцев более совершенными ЯЭУ и ЭЭС (с электромагнитной катапультой) значительно снизит стоимость их эксплуатации, в том числе вследствие заметного сокращения (примерно на 300—400 чел.) численности экипажа, связанного с управлением и обслуживанием энергетического оборудования авианосца.

Разработка корабельных ЯРУ для перспективных кораблей ВМС США

ПЛАРБ. Во второй половине 20-х годов планируется развертывание на флоте первых ПЛАРБ нового поколения SSBN (X). Именно на это время запланирован вывод первых находящихся ныне в эксплуатации ПЛАРБ типа «Ohio» системы «Trident», срок службы которым определен в 42—45 лет. В Министерстве ВМС США изучают два варианта создания перспективных ПЛАРБ: на базе ПЛА типа «Virginia», а также на базе ПЛАРБ системы «Trident» или ее развития. Водоизмещение новой ПЛАРБ SSBN (X) составит около 15 тыс. т (у ПЛАРБ типа «Ohio» — около 19 тыс. т), стоимость серийной лодки — примерно 6 млрд дол. В перспективе для удовлетворения требованиям по развертыванию стратегических сил достаточно будет содержать в составе ВМС 12 ПЛАРБ вследствие повышенной интенсивности их использования. В марте 2007 г. Министерство ВМС заявило, что ПЛАРБ нового поколения будут оснащены ядерными реакторами, не требующими их перезарядки на протяжении всего срока службы корабля. Предполагается модернизировать ЯРУ типа S9G, возможна разработка установки с рабочим наименованием S1B со сроком службы более 40 лет.

Многоцелевая ПЛА. Выполнена проектная проработка перспективной ПЛА «Galaxy», являющейся развитием серии ПЛА типа «Virginia». К основным характеристикам ПЛА «Galaxy» следует отнести: водоизмещение 9350 т, размерения *LxBxT = 114,3x13,1x11 м; скорость полного хода — 38 уз. Корабельная реакторная установка типа S7W мощностью 250 МВт, движительный комплекс типа pump-jet мощностью 50 тыс. л. с. К числу технологий Stealth, используемых при разработке проекта новой ПЛА «Galaxy», отнесена система поглощения шумоизлучения насосов ЯРУ, которые на ПЛА «Seawolf» SSN 21 создают до 25% звукоизлучения.*

Надводные корабли. В докладе исследовательской службы Конгресса США, посвященном сравнительному анализу стоимости корабельной ядерной и неядерной энергетики, высказывалась уверенность, что обычная ЭУ будет иметь преимущество по стоимости перед ЯЭУ на протяжении жизненного цикла корабля до тех пор, пока стоимость сырой нефти остается ниже 70 дол. за баррель. В мае 2009 г. Конгресс США издал поправку к законопроекту, в которой санкционировал использование ЯЭУ для кораблей водоизмещением более 15 тыс. т, к которым отнесены, в частности, крейсеры, эсминцы и десантные корабли-вертолетоносцы.

По мнению американских специалистов, новая корабельная ЯЭУ, которая была спроектирована применительно к корпусу АВ типа CVN 21, может легко адаптироваться к любым другим корпусам кораблей.

Разработка корабельных ЯРУ для кораблей ВМС Великобритании

Государственная программа развития атомных подводных лодок ВМС Великобритании предусматривает разработку и строительство корабельных ЯРУ для их размещения на новых кораблях (рис. 2).

Примерно в 2017 г. на смену английским ПЛА типа «Trafalgar» должны прийти перспективные лодки типа FAS — Future Attack Submarine. По заданию Минобороны Великобритании выполняется концептуальное изучение проекта этой ПЛА, названной «Barracuda». К особенностям проекта, в частности, относятся: новая концепция вертикального руля, увеличенная площадь бортовых гидроакустических антенн, расположение торпедных аппаратов под углом к диаметральной плоскости, улучшенный движительный комплекс, 5-перьевое кормовое оперение. В качестве ЯЭУ предполагается использовать реактор типа PWR-2. Предположительно ЯЭУ ПЛА типа FAS будут отличаться двумя особенностями: устанавливаются реакторы с кампанией зоны, равной сроку службы ПЛ, а также используется система полного электродвижения (переменный ток напряжением 440 В).

Для перспективной ПЛАРБ Великобритании с рабочим наименованием SSBN «Successor» разрабатывается реакторная установка типа PWR3, которая представляет собой эволюцию проектов NNPP Велико-

британии. В частности, установка PWR3 создается на основе ЯРУ типа PWR2, модернизация коснется повышения безопасности и сокращения расходов в течение жизненного цикла. Создание нового поколения корабельных ЯРУ типа PWR3 позволит подводным лодкам обходить земной шар до 40 раз без замены ядерного топлива в реакторе.

Развитие корабельных ЯЭУ ВМС Франции

На кораблях ВМС Франции (на торпедных и ракетных ПЛА, а также на атомном авианосце) размещаются практически единые ЯРУ, только на ПЛА типа «Rubis», введенных в состав ВМС в 1983—1993 гг., мощность реактора в 3 раза меньше (рис. 3). ЯЭУ для французской многоцелевой ПЛА типа «Barracuda» будет включать модернизированный водоводяной реактор типа К-15, используемый на ПЛАРБ типа «Le Triomphant» и атомном АВ «Charles de Gaulle».

Пропульсивная система будет гибридной, использующей ГТЗА для высоких скоростей хода и ГЭД — для малошумных режимов движения. Здесь следует подчеркнуть, что специалисты Франции отходят от реализации «системы полного электродвижения» и переходят на строящихся ПЛА к традиционному составу корабельной энергетики (ГТЗА + ГЭД), характерному для серийных подводных лодок. Ввод в состав флота головной ПЛА типа «Barracuda» запланирован на 2017 г., последующие корабли должны поступать в состав флота с интервалом в два года вплоть до 2027 г. Головной ПЛА типа «Barracuda» присвоено имя «Suffren».

Китайские ПЛА первых лет постройки по своей архитектуре сильно напоминают французские типа «Rubis». По сообщениям зарубежной печати, мощность корабельной ЯРУ этих лодок составляет 58 МВт, а корабль приводится в движение гребным электродвигателем. Очевидно, при создании энергетики ПЛА в значительной мере использованы разработки французских специалистов.

* * *

Анализ располагаемой информации свидетельствует о целенаправленном и методичном применении командованием ВМС зарубежных государств унифицированных ЯЭУ для кораблей своего флота (рис. 4).

За длительный период на кораблях США фактически сменилось лишь два поколения корабельных ЯЭУ. Установки I поколения имели в своем составе ЯРУ типа S5W, которая применялась на подводных лодках в 1959—1975 гг. Сменившие ее ядерные установки II поколения типа S6G и S8G (модификация S6G) применялись при строительстве ПЛА в 1976—1997 гг. Установки II поколения имели улучшенные характеристики при сохранении принципиальной схемы ЯРУ типа S5W. Редкая смена поколений позволяет иметь большие объемы серии и применять унифицированные установки. Установок первого типа (S5W) было изготовлено 98 ед., второго (S6G + S8G) — 80 ед.

По мнению зарубежных специалистов, использование модифицированных корабельных реакторных установок, применение которых отмечено на эксплуатируемых лодках боевого состава ВМС, позволяет обеспечить их надежную и безопасную эксплуатацию на новых ПЛА. Стремление к эволюционному развитию наряду с созданием возможности повышения надежности и безопасности обеспечивает экономию средств, сосредотачивая их на решении задач улучшения акустических характеристик, свойств системы управления и т. д.

Эволюционный путь развития сохраняется и в перспективе. Одна-

Фото (дата ввода в ВМС головного корабля)	Наименование (тип) корабля с ЯЭУ	Водоизмещение, т	Скорость хода, уз	Тип ЯРУ (мощность, МВт)
1983	ПЛА «*Rubis*»	2420	25	***CAS-48*** (48)
1997	ПЛАРБ «*Le Triumphant*»	14120	25	***К-15*** (150)
2001	АВ «*Charles de Gaulle*»	40550	27	2 установки ***К-15*** (300)
2017 (план)	ПЛА «*Barracuda*»	5300	25	***К-15*** (150)

Рис. 3. **Корабли ВМС Франции, на которых размещена практически единая ЯРУ**

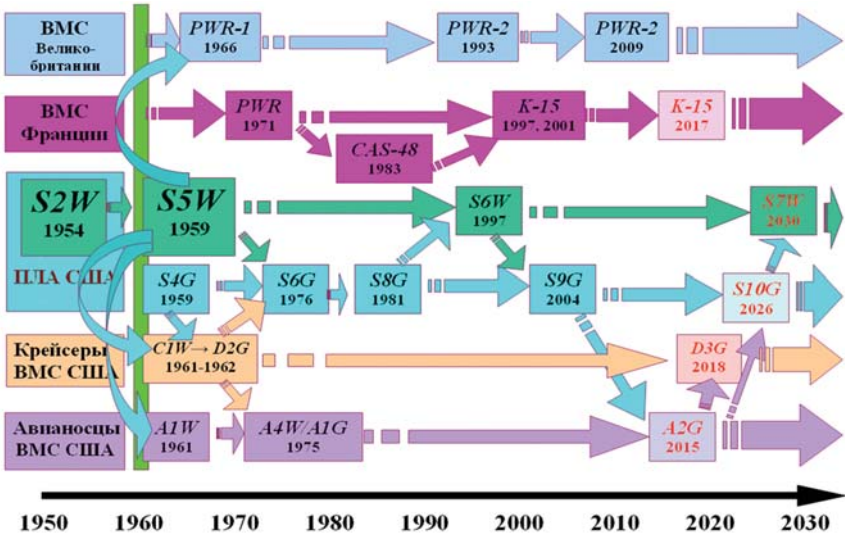


Рис. 4. **Эволюционное развитие ЯРУ кораблей ВМС зарубежных государств**

ко это направление не исключает возможность использования новых технических решений при создании перспективных корабельных ЯРУ. Такие решения применяются и вызывают дополнительные затраты, при этом требуется технико-экономическое обоснование их целесообразности. Большое внимание уделяется определению риска при разработке нового технического решения и управления им в процессе проектирования. Для этого широко применяются модели и имитаторы будущего устройства, что позволит определить оптимальную концепцию.

Новые технологии в ВМС США подразделяются на четыре основные категории:

— направленные на удовлетворение требований боевой эффективности;

— обеспечивающие реализацию требований в рамках допустимой стоимости;

— предназначенные для обеспечения использования технических решений, отработанных на ПЛА предыдущих проектов, с учетом уменьшения габаритов новых ПЛА, а также для повышения надежности, ремонтопригодности и т. д.;

— обеспечивающие выполнение требований защиты окружающей среды.

К основным направлениям в развитии корабельных ЯЭУ за рубежом на современном этапе можно отнести следующие: повышение ядерной безопасности, надежности и ресурса; улучшение виброакустических и экологических характеристик; улучшение экономических показателей.

В частности, по направлению улучшения экологических характеристик для нового поколения ПЛА типа «Virginia» SSN 774 впервые разработана специальная программа защиты окружающей среды. Выполнение этой программы позволит предотвратить загрязнение окружающей среды на всех этапах жизненного цикла ПЛА. Экологическая программа для ПЛА «Virginia» включает вопросы использования токсичных материалов, обращения с твердыми и жидкими отходами, контроля загрязнения воздуха и др.

Специально назначенным менеджером разрабатывается общая стратегия и план конкретных мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды. Создается рабочая группа из экологов с большим опытом работы, которая выявляет возможные несоответствия действующим нормам и требованиям, а также разрабатывает мероприятия по их устранению.

Экологические мероприятия заключаются в выявлении вредных материалов и процессов и замене их с минимизацией источников загрязнения воздуха, а также твердых и жидких отходов. В особую программу выделены вопросы разработки противообрастающих покрытий оборудования, подвергающегося воздействию забортной воды, и создания систем кондиционирования и охлаждения, не разрушающих озоновый слой. Уже ведутся испытания безопасных противообрастающих покрытий с увеличенным сроком службы, а также разрабатываются экологически безопасные системы кондиционирования воздуха. В проекте новой ПЛА заложена возможность сдачи отходов в специальные береговые устройства при нахождении ПЛА в базе. Сброс отходов на удалении от берега меньше 12 миль запрещается.

Большое внимание при проектировании ПЛА «Virginia» было уделено экологическим характеристикам реакторов типа S9G. В частности, активная зона не будет перегружаться в течение всего срока службы ПЛА, что, как уже отмечалось, приведет к уменьшению количества отработавшего ядерного топлива по сравнению с ПЛА предыдущих проектов. Для биологической защиты не используются свинцовые экраны на переборках реакторного отсека. Содержание свинца в защите снижается в пять раз по сравнению с количеством свинца в защите ЯРУ ПЛА типа «Los Angeles» и более чем в два раза — в защите ЯРУ типа «Seawolf» SSN 21. При этом масса свинца уменьшится на 140 и 75 т соответственно. Благодаря этому в 2,5 раза сокращается риск подвергнуться воздействию свинца в процессе строительства ПЛА и риск загрязнения свинцом окружающей среды.

В новой ЯЭУ используются стальные экраны и вода с добавлением хромата кальция для уменьшения коррозии и выделения газов. Эта вода утилизируется вместе с ПЛА, выводимыми из состава ВМС. Асбестосодержащие компоненты либо исключаются, либо будут использоваться под контролем. Ранее материалы, содержащие асбест, составляли более 90% массы вредных отходов, собиравшихся при утилизации ПЛА. При нахождении у пирса и в пределах трехмильной зоны от берега жесткому контролю подлежат уровни шума и задымления, создаваемые ПЛА.

Иностранные специалисты разработали и реализуют на всех поколениях ПЛА общие требования, которым должны отвечать проекты практически всех корабельных систем (в том числе ЯРУ). К основным из этих требований, которые особенно актуальны в настоящее время, следует отнести:

— максимально возможное упрощение конструкций проектируемой системы (оборудования) и ее составных элементов;

— стандартизация конструкций, механизмов, оборудования и их элементов, а также схемных решений для кораблей одного поколения;

— надежность функционирования технических средств в любых условиях эксплуатации корабля, в том числе при развитии аварийных ситуаций;

— достаточно высокая ремонтопригодность, обеспечивающая выполнение соответствующих видов ремонта в условиях похода (выхода в море), в базе или на заводе с минимальным объемом сопутствующих работ;

— пригодность к модернизации, позволяющая без особых затруднений обеспечить замену (перевооружение) технических средств новыми образцами;

— минимальная (приемлемая) стоимость изделий, конструкций, оборудования и их элементов.

Заключение. Обобщение опыта создания и эксплуатации корабельных и судовых ядерных энергоустановок является основой для совершенствования эксплуатационных режимов, отработки конструкций систем и энергетического оборудования и, как следствие, позволяет принять действенные меры по повышению надежности, живучести и безопасности эксплуатируемых, строящихся и проектируемых кораблей с ЯЭУ. Конструкционные и организационно-технические мероприятия должны разрабатываться с учетом зарубежного опыта разработки и эксплуатации основного реакторного и энергетического оборудования кораблей и судов с ЯЭУ.

Литература

1. Jane's Fighting Ships. 1970—2012.
2. Naval Engineers Journal. 1970—2012.
3. Дайджест зарубежной прессы по вопросам кораблестроения. СПб.: ГНЦ ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. 1992—2011. № 1—62.
4. *Петров С. А.* Состояние и перспективы развития корабельных ЯЭУ иностранных флотов. СПб.: Судостроение, 2009.
5. Naval Sea Systems Command «Strategic Business Plan 2009—2013» (Public release, distribution is unlimited).

QUALITY TESTED BY SEA КАЧЕСТВО, ПРОВЕРЕННОЕ МОРЕМ

ПРИБАЛТИЙСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

ЯНТАРЬ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

СУДОРЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Россия, 236005, Калининград,
площадь Гуськова, 1
Тел.: +7 4012 64 86 41, факс: 64 75 40,
E-mail: office@shipyard-yantar.ru
marketing@shipyard-yantar.ru
www.shipyard-yantar.ru

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ВЕЛИЧИНАМ ПРОТЕЧЕК ДЛЯ УСТРОЙСТВ УПЛОТНЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ С НЕКОТОРЫМИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Н. А. Лазаревский, канд. техн. наук (филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский ГНЦ», e-mail: sct@sp.ru), **М. В. Тепляков**, канд. техн. наук (ООО НПЦ «Судовые электротехнические системы»)

УДК 534.286.2

На основании справочных данных по проницаемости твердых веществ (таблица), результатов анализа механизмов проницаемости [2] и методов оценки проницаемости, предложенных в [3], установлено, что наименьшую проницаемость обеспечивают металлы, затем стекло и материалы на его основе (ситаллы), затем плотные пластмассы (полиэтилентерефталат); наиболее проницаемы эластомеры и резинотканевые материалы. Резинотканевые материалы в конструкциях токовводов не применяются.

Наиболее устойчивые результаты по непроницаемости конструкций со стеклом получены с введением дополнительных операций в технологические процессы изготовления [4], что несколько увеличивает продолжительность производственного цикла формирования токовводов.

При оценке подвижных уплотнений (УПС) по степени увеличения утечек диафрагмовые (сильфонные) уплотнения можно принять за эталон малых утечек. Потери на просачивание составляют менее 10^{-14} м^3/(м^2·с). Максимальную же непроницаемость смогут обеспечивать конструкции, выполненные из металла, в которых все сочленяемые при сборке плоскости загерметизированы методом пайки или сварки. Они могут быть приравнены к целому металлу, и их непроницаемость может характеризоваться более высоким показателем. Также известно, что при равных условиях проницаемость воды и воздуха отличается в 40 раз; проницаемость же гелия — более чем в 100 раз выше, чем у азота (основной составляющей воздуха).

С целью подтверждения наличия диффузии воздуха в некоторые герметизирующие и изоляционные материалы, являющиеся неотъемлемыми составляющими токовводов, проведены экспериментальные исследования. Образцы отдельных материалов (резина на основе хлоропренового каучука, уплотнительное кольцо по ГОСТ 9833-73, полиамид, полимеризованный компаунд на основе эпоксидной смолы ЭД 20, стеклянная вставка) были помещены в камеру с начальным давлением сухого воздуха 25 МПа на 24 ч. Затем названные образцы материалов погрузили в емкость со спиртом, как рекомендовано в [1] (метод аквариума со спиртом), и визуально было обнаружено появление десорбции по наличию пузырьков на поверхности материалов. Одновременно зафиксирована задержка десорбции от начала воздействия давления среды и ее продолжительность. В процессе десорбции выполнялось периодическое удаление пузырьков с поверхности материалов. Результаты экспериментов следующие: электроизоляционная резина — продолжительность десорбции 6—8 ч, характеристика течения пузырьков воздуха — интенсивное течение; уплотнительное кольцо — соответственно 1,5 ч, постоянное умеренное течение; уплотнительное кольцо при наличии давления с одной стороны (режим эксплуатации) — 1,5 ч, постоянное умеренное течение со стороны кольца, находившейся под давлением; пластинка из полиамида — 3—4 ч, слабое течение в виде отдельных пузырьков; образец вставки со стеклом — 0,15 ч, слабое течение по границам со штырями; компаунд (вакуумированный) на основе эпоксидной смолы — изменилась структура верхнего (около 1 мм) слоя компаунда (он поменял цвет) за счет сорбции воздуха, увеличился объем материала (количественная оценка изменения объема образца экспериментом не предусматривалась), пузырьки воздуха наблюдались только несколько минут в самом начале помещения образца в ванночку и то с поверхности, по истечении нескольких суток после проведения опыта и нахождения образца в нормальных условиях, его объем и цвет верхнего слоя компаунда не изменились.

Выводы. 1. Конструкции токовводов в совокупности с материалами, применяемыми для герметизации, включая и электроизоляционные, обладают проницаемостью, что подтверждают результаты экспериментальных исследований.

2. Некоторая задержка во времени от начала воздействия давления среды до начала обнаружения среды на противополож-

ной стороне оболочки объясняется скоростью диффузии (сорбции и последующей десорбции составляющих среды).

3. Установлено, что наилучшими показателями по непроницаемости обладают металлы и стекла (ситаллы), однако последние для достижения устойчивых и повторяющихся результатов требуют некоторых дополнительных технологических операций.

4. Отличие проницаемости газов и жидкостей через одни и те же материалы и конструкции обусловлено большим отличием вязкости среды (иногда на 2—3 порядка), несмотря на то, что размеры молекул газов и жидкостей существенно не отличаются друг от друга.

5. При планировании испытаний изделий с резиновыми уплотнениями при давлениях свыше 10 МПа следует учитывать ограниченную устойчивость резин к взрывной декомпрессии, т. е. резкий сброс давления делать не рекомендуется.

6. При прогнозировании срока службы токовводов, содержащих в своей конструкции неметаллические материалы, необходимо учитывать изменение их проницаемости с течением времени, а также учитывать время (включая циклы), когда изделие подвергалось односторонне воздействию давления среды, будь то газ или жидкость (вода).

Классы негерметичности уплотнений и соответствующие им удельные утечки

Класс	Удельная утечка			Критерий качественной (визуальной) оценки	Характерные типы уплотнений
	$\bar{Q}$, мм^3/(м·с)	$\bar{\upsilon}$, см^3/м^2	Q_s, мм^3/(м^2·с)		
0—0	До 10^{-5}	—	До 10^{-5}	Абсолютная герметичность	Металлические сильфоны, полимерные мембраны
0—1	Св.10^{-5} до 10^{-4}	—	Св.10^{-5} до 10^{-3}		
1—1	Св. 10^{-4} до 5x10^{-4}	—	Св. 10^{-3} до 5x10^{-3}	Слабый запах, визуально не видимое отпотевание	Резиновые мембраны , рукава, эластомерные УН
1—2	Св. 5x10^{-4} до 5x10^{-3}	До 10^{-3}	Св. 5x10^{-3} до 10^{-2}		
2—1	Св. 5x10^{-3} до 5x10^{-2}	Св. 10^{-3} до 10^{-2}	Св. 5x10^{-2}до 5x10^{-1}	Подтекание без каплеобразования	УН в тяжелых режимах, эластомерные УПС и УВ
2—2	Св. 5x10^{-2} до 5x10^{-1}	Св.10^{-2} до 2x10^{-1}	—		
3—1	Св. 5x10^{-1} до 2,5	Св. 2x10^{-1} до 1	—	Подтекание с каплеобразованием	УПС в тяжелых режимах, УВ манжетные, торцовые, набивные
3—2	Св. 2,5 до 10	Св. 1 до 5			
4—1	Св. 10 до 50	Св. 5 до 50	—	Капельные утечки	Торцовые УВ, УПС и УВ набивочные, щелевые — компенсированные
4—2	Св. 50 до 5x10^2	—	—	Частые капли	
5	Св. 5x10^2 до 10^3	—	—	Непрерывные утечки	УПС, УВ бесконтактные
6	Св. 10^3				

Примечания: 1. Для газовых сред вместо $\bar{Q}$ критерием является массовая удельная протечка $\bar{Q}_m$ [мг/(м·с)], вместо Q_s — Q_{ms} [мг/(м^2·с)]; 2. Сокращения, принятые в таблице: УН — уплотнения неподвижные, УПС — уплотнения подвижных соединений, УВ — уплотнения вращающихся по отношению друг к другу соединений.

Литература

1. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник/Под общей редакцией *А. И. Голубева и Л. А. Кондакова*. М.: Машиностроение, 1996.
2. *Лазаревский Н. А., Тепляков М. В.* О механизмах проницаемости токовводов// Судостроение. 2012. № 6.
3. *Лазаревский Н. А., Тепляков М. В.* К вопросу определения количественной оценки проницаемости токовводов// Судостроение. 2013. № 1.
4. *Ланин В., Керенцев А., Соловьев Я.* Факторы, влияющие на герметичность мощных транзисторов в металлокерамических и металлостеклянных корпусах//Силовая электроника. 2010. № 2.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПРЕДАВАРИЙНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

С. В. Цветков (ОАО ЦКБ МТ «Рубин»), **А. Г. Царенко,** канд. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru)

УДК 622.3.8

История отечественного подводного флота связана с постоянным совершенствованием средств обеспечения безопасности плавания в мирное время и периоды ведения боевых действий. Обеспечение безопасной эксплуатации подводных лодок (ПЛ) было и остается одной из наиболее важных проблем как в нашей стране, так и за рубежом.

Развитие технических средств, внедрение передовых технологий, научные достижения — все это находит применение в первую очередь при создании современной военной техники. Новые образцы военной техники становятся сложнее, меняется специфика их применения и эксплуатации, и, несмотря на постоянное совершенствование систем безопасности и разработки новых подходов к ее обеспечению, избежать аварий все равно не удается. Каждая новая авария становится очередным этапом во всестороннем анализе и совершенствовании путей обеспечения безопасности путем разработки новых и совершенствованием имеющихся организационных и научно-технических мероприятий.

За последние десятилетия внедрено и продолжает внедряться большое количество технических решений, направленных на повышение химической, радиационной и пожаровзрывобезопасности ПЛ по ряду направлений, связанных с внедрением новых поколений приборов газового анализа, радиационного контроля, теплоконтроля, систем пожарной сигнализации; автоматизацей процессов управления оборудованием, в том числе при поступлении команды «АВАРИЯ»; применением средств защиты в электрических цепях; конструктивными решениями, например, исключение поступления в отсеки воздуха высокого давления при пожаре; применение новых трудногорючих и негорючих материалов и т. д.

Дальнейшее совершенствование систем безопасности и внедрение новых защитных мер приводит к ситуации, когда встает вопрос об их эффективности и достаточности. Чрезмерное усложнение систем во многих

случаях становится неоправданным как с точки зрения обеспечения самой безопасности, так и неприемлемым по финансовым причинам.

В настоящее время появилась возможность, используя накопленный опыт и новейшие достижения науки и техники, продвинуться вперед в развитии средств обеспечения безопасности и перейти от систем контроля и сигнализации текущих параметров к созданию нового аппаратно-технического комплекса предаварийного контроля. Такой комплекс должен помочь личному составу ПЛ распознать возможную опасность возникновения аварийной ситуации и принять соответствующее решение по предотвращению ее дальнейшего развития.

Проблеме предаварийного контроля и путям ее решения посвящено большое количество научно-исследовательских работ, выполненных научно-исследовательскими и производственными организациями. Практически все эти работы рассматривают вопросы предаварийного контроля в основном по выявлению и контролю ряда параметров, характеризующих определенные виды аварий. При этом еще остаются задачи, которые требуют дополнительной тщательной проработки и обоснования.

В процессе создания системы предаварийного контроля необходимыми являются:

— разработка критериев оценки эффективности предлагаемых мер и средств их обеспечения;

— разработка методологии количественной оценки безопасности;

— выработка научных знаний для создания моделей и расчета происходящих в помещениях ПЛ процессов ввиду их многозадачности;

— всестороннее исследование предаварийных процессов;

— определение облика системы предаварийного контроля;

— разработка эффективных аппаратно-программных средств контроля параметров, характеризующих предаварийную ситуацию;

— создание новой нормативно-правовой базы.

При организации мер по обеспечению безопасности ПЛ должна быть оценена эффективность предлагаемых мер и средств их обеспечения, разработаны методики, позволяющие определить оптимальный набор аппаратно-программных средств и организационных действий, позволяющих максимально обеспечить безопасность контролируемого объекта.

Также должна быть разработана методология количественной оценки безопасности объекта, основанная на математическом описании контролируемого объекта и описывающая все возможные процессы, происходящие внутри него и снаружи. Необходимость описания отдельных процессов в свою очередь требует хорошего знания оборудования и процессов, происходящих с его участием.

Существует определенная нехватка научных знаний для моделирования и расчета процессов, происходящих в помещениях ПЛ. Это связано с необходимостью анализа ранее разработанных методик и создания новых математических моделей (с подтверждением их на дорогостоящей экспериментальной базе). Остаются не изученными процессы, происходящие в помещениях ПЛ, при переходе с одного режима на другой, что обусловливает в свою очередь нехватку знаний о переходных процессах.

Необходимо отметить, что при математическом описании контролируемого объекта возникают информационно-технологические проблемы моделирования и анализа, связанные со сложностью получения достоверной 3D-модели помещений ПЛ. Процесс компоновки помещений (в первую очередь на головных заказах) ведется непрерывно во время всего строительства корабля вплоть до его окончания. Соответственно сформировать окончательную 3D-модель не только на стадии проектирования заказа, но и в период его строительства просто невозможно. Следовательно, достоверная модель может быть создана только после завершения проведения испытаний головного образца.

Существующая нормативно-правовая база, по которой в настоящее время ведется проектирование ПЛ, также в полной мере не регламентирует ряд современных требований и требует существенной доработки.

На ПЛ ВМФ в настоящее время уже внедрен ряд задач по предаварийному контролю. При этом, технические средства и программно-аппаратные средства, решающие данные задачи, входят в состав совершенно разных систем, относящихся по заведованию к разным боевым частям.

Создание единой системы предаварийного контроля, как полноценного комплекса программно-аппаратных средств для заказов, потребует решения ряда организационных и технических вопросов.

Должно быть определено:

— на базе каких технических средств будет создаваться новая система предаварийного контроля, будет ли она реализована, например, в виде подсистемы КСУ ТС аналогично СИП БЖ[1], либо это будет самостоятельная система;

— в заведовании какой боевой части будут находиться технические средства системы и кто будет за нее отвечать;

— на какие пульты управления должна выводиться информация от системы предаварийного контроля, и в каком объеме;

— какие параметры из других корабельных систем должны поступать и обрабатываться в этой системе.

Несмотря на различные варианты построения системы, вопрос создания первичных источников информации остается наиболее сложным. Выполненные научные работы и накопленный опыт позволили выработать направления по выбору методов и средств контроля параметров, являющихся основными для выявления предаварийной ситуации. Для получения подобного рода информации известны и существует достаточное количество выпускаемых промышленностью приборов, построенных на новых физических принципах измерений. Однако в большинстве случаев использование таких приборов на ПЛ ограничено особыми условиями их эксплуатации, то есть они должны быть существенно доработаны. Для них также должно быть разработано соответствующее метрологическое обеспечение (исходя из особых условий применения).

Решение вышеперечисленных задач потребует комплексного подхода к созданию системы предаварийного контроля, привлечения опытных научных кадров и проведения

[1]КСУ ТС — комплексная система управления техническими средствами; СИП БЖ — система информационной поддержки борьбы за живучесть.

большого объема опытно-экспериментах работ.

Внедрение систем предаварийного контроля для ПЛ позволит значительно улучшить их безопасность и живучесть, а также существенно снизить затраты на эксплуатацию за счет перехода от системы обнаружения возникающих аварийных ситуаций и их дальнейшей локализации к системе контроля за началом появления деструктивных процессов и определения скорости их развития для предотвращения возможности возникновения аварий.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В. Н. Круглеевский, докт. техн. наук, **Д. С. Полуляхов** (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru)

УДК 656.6:654.9

В настоящее время для передачи данных между источниками информации (датчики и сигнализаторы), устройствами обработки (модули, блоки, технологические станции) и представления информации (пульты и щиты) в судовых системах контроля технических средств и сигнализации используются, в основном, электрические кабели.

Развитие элементной базы микроэлектроники позволило создать миниатюрные датчики и сигнализаторы различного назначения, которые активно внедряются в судовые системы управления и контроля. Однако процесс миниатюризации судовых датчиков сдерживается необходимостью использования электрических кабелей, диаметры которых в несколько раз превышают размеры чувствительных элементов датчиков. Это приводит к усложнению конструкции и значительному увеличению габаритов датчика, большую часть которого занимает устройство ввода кабелей. При этом значительно повышается стоимость датчика, а потребляемая им энергия, в основном, расходуется на формирование и передачу по электрическому кабелю сигналов к устройству обработки информации.

Учитывая значительный прогресс развития и широкое внедрение беспроводных технологий передачи информации в бытовой технике, рассмотрим возможность их использования в судовых условиях для передачи данных от датчиков в систему сигнализации. Примем во внимание, что объем информации, содержащейся в формируемом датчиком сигнале, небольшой, а передача сигнала должна осуществляться внутри судовых помещений на расстояние, не превышающее нескольких метров.

Наиболее подходящими для указанных условий являются инфракрасная технология (ИК-технология) и технология радиочастотной идентификации (РЧИ-технология). ИК-технология нашла широкое применение для оперативной беспроводной связи между компьютерами, в пультах дистанционного управления бытовой техники, активно используется для связи цифровых фотоаппаратов и мобильных радиотелефонов с компьютером[1].

В настоящее время используют инфракрасные системы низкой (до 115,2 кбит/с), средней (1,152 Мбит/с) и высокой (4 Мбит/с) скорости. Излучателем для ИК-связи является светодиод, имеющий пик спектральной характеристики мощности на длине волны 880 нм. Этот светодиод при передаче дает конус эффективного излучения с углом около 30 град. В качестве приемника используют PIN-диоды, эффективно принимающие ИК-лучи в конусе 15 град. Спецификация IrDA обеспечивает уровень битовых ошибок не более 10^{-9} при дальности до 1 м и дневном свете (освещенность — до 10 Клюкс). Для передачи сигналов используют двоичную модуляцию и различные схемы кодирования.

Положительным фактором использования инфракрасной связи является ее безопасность для здоровья человека, она не создает помех в радиочастотном диапазоне и обеспечивает конфиденциальность передачи. Отрицательным фактором, из-за которого ИК-технологию не следует применять в судовых системах сигнализации, является невозможность использования инфракрасной связи в условиях пожара при сильной задымленности и наличии очагов пламенного горения.

РЧИ-системы представляют собой совокупность электронных средств автоматизированного контроля и сбора информации о различных объектах, таких как транспорт, персонал, грузы, товары, ценности и др. Системы РЧИ получили широкое распространение в начале 90-х годов. Состав типовой системы РЧИ показан на рис. 1.

Метка и считыватель связаны между собой радиочастотным каналом. Метка состоит из приемопередатчика и антенны. Считыватель также содержит в своем составе приемопередатчик и антенну. Контроллер может входить в состав считывателя, а может изготавливаться и в виде отдельного устройства. Контроллер образует интерфейс для обмена с устройством обработки информации, в качестве которого может быть использована ПЭВМ.

Посредством приемопередатчика и антенны считыватель излучает электромагнитное поле определенной частоты. Попавшие в зону действия считывающего поля радиочастотные метки «отвечают» собственным сигналом, содержащим оп-

Рис. 1. **Состав системы радиочастотной идентификации**

[1]Барсуков В. С., Пономарев А. А. Беспроводные технологии «последнего дюйма». Бюро научно-технической информации. http://www.bnti.ru/showart.asp.

ределенную информацию (например, код метки) на той же самой или другой частоте. Сигнал улавливается антенной считывателя, принятая информация расшифровывается и передается через контроллер в компьютер для обработки.

Контроллер выполняет несколько функций. Первая — стыковка считывателя с портами компьютера. Вторая — мультиплексирование нескольких считывателей с одним компьютером. Некоторые фирмы-разработчики интегрируют считыватель, антенну и контроллер в одном изделии, другие, наоборот — в разных. Устройство обработки занимается непосредственно хранением, обработкой и применением полученной от меток информации в различных пользовательских программах.

Радиочастотная метка обычно включает в себя приемник, передатчик, антенну и блок памяти для хранения информации. Приемник, передатчик и память конструктивно выполняются в виде отдельной микросхемы (чипа). Иногда в состав конструкции метки включается источник питания (например, литиевая батарейка). Метки с источниками питания называются активными. Дальность считывания активных меток не зависит от энергии считывателя.

Пассивные метки не имеют собственного источника питания, а необходимую для работы энергию получают из поступающего от считывателя электромагнитного сигнала. Дальность чтения пассивных меток зависит от энергии считывателя. Преимуществом активных меток являются значительно большая (в 2—3 раза) дальность считывания информации и высокая допустимая скорость движения активной метки относительно считывателя. Поэтому активные метки могут быть использованы для передачи информации на десятки метров в движении. Преимуществом пассивных меток является практически неограниченный срок службы, так как они энергонезависимы и не требуют замены батареек, что позволяет их использовать для длительного хранения информации. Недостаток пассивных меток — необходимость использования более мощных устройств считывания информации, обладающих соответствующими источниками питания.

Потребность в беспроводных сенсорах и автономных информационно-измерительных системах вызывает необходимость в создании автономных источников питания. Несмотря на то, что за последние 15 лет емкость химических источников возросла примерно в 3 раза, их присутствие существенно увеличивает размеры устройств и эксплуатационные расходы. Необходимость в периодической замене батарей, организации их хранения и утилизации требует дополнительных затрат. В связи с этим поиск альтернативных батареям и аккумуляторам источников энергии активно ведется во многих странах, начиная с 90-х годов XX века.

Так, в США с начала 2000-х годов сформировался ряд новых предприятий, специализирующихся в области беспроводных технологий (например, Infinite Power Solutions, MicroStrain). ВМС США активно финансируют работы по созданию беспроводных сенсоров, уделяя большое внимание автономным устройствам их питания. Об этом свидетельствует информация с официального сайта правительства США о заключенных министерством обороны контрактах.

Компанией Siemens разработано и широко разрекламировано в 2009 г. устройство длиной несколько сантиметров, представляющее собой пьезоэлектрический генератор, способный преобразовывать колебания различной частоты и амплитуды, в том числе вибрации двигателя, в электроэнергию[1]; мощность — несколько милливатт. Этот генератор не является уникальным, но отличается от подобных устройств большим частотным диапазоном и амплитудой движений, преобразуемых в электроэнергию, а также повышенной прочностью.

Сенсоры, оснащенные подобными источниками питания, могут эксплуатироваться в судовых условиях, что подтверждается практическим опытом их использования в системах определения местонахождения морских грузовых контейнеров и контроля состояния груза внутри них.

Японская компания Brother Industries создала и в 2010 г. представила компактный вибрационный генератор тока, способный обеспечить энергией устройства, потребляющие до 100 мВт, и помещающийся в стандартном корпусе батареек AA или AAA[2]. Его можно использовать в устройствах с небольшим и эпизодическим потреблением энергии.

Внедрение автономных источников питания в судовые системы пожарной сигнализации обеспечит их энергетическую независимость, повысит живучесть в аварийных условиях и позволит перейти на качественно новый уровень автоматизации процессов контроля пожарной опасности.

Информация в память радиочастотной метки может быть занесена различными способами, которые зависят от ее конструктивных особенностей. Различают следующие типы меток:

RO — метки (Read Only), которые работают только на считывание информации. Необходимые для хранения данные заносятся в память метки изготовителем и не могут быть изменены в процессе эксплуатации;

WORM — метки (Write Once Read Many) для однократной записи и многократного считывания информации. Они поступают от изготовителя без каких-либо данных пользователя в устройстве памяти. Необходимая информация записывается самим пользователем, но только один раз;

R/W — метки (Read/Write) многократной записи и многократного считывания информации.

Активный идентификатор с батарейным питанием излучает через случайные промежутки времени радиочастотные посылки, содержащие уникальные неизменный код идентификатора и дополнительную служебную информацию. Случайный интервал времени между посылками используется для предотвращения последовательного наложения сигнала нескольких меток, находящихся в зоне регистрации. В промежутках между излучением сигнала идентификатор находится в режиме ожидания и низкого энергопотребления для увеличения ресурса работы от батареи.

[1]Harvesting Power from Ambient Energy. Mar 24, 2011. siemens.com/press.http://www.siemens.com.

[2]Vibration-powered Generators Replace AA, AAA Batteries. Peter Clarke. July 19, 2010. Microwave Engineering Europe. http://www.electronics-eetimes.com.

Приемник сигналов со стационарным питанием принимает излученные сигналы нескольких идентификаторов, находящихся в зоне приема, и передает декодированную информацию в блок обработки данных и ведения базы данных по каналу RS-232 или RS-485.

При передаче информации о посылке идентификатора в блок обработки данных и ведения базы данных добавляются данные о мощности сигнала при приеме (RSSI) — 1 байт.

Конструктивно стационарный считыватель выполняется в герметичном корпусе. Габаритные размеры считывателя — не более 180x320x110 мм. Рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха выше минус 40 °С. Для подключения внешних антенн предусматриваются два коаксиальных разъема. Для сопряжения с другим оборудованием есть также два разъема.

Одновременно считыватель способен регистрировать до 100 идентификаторов, находящихся в поле его зрения.

Выносные антенны используются при установке одного стационарного считывателя для контроля сразу 2—3 отдельных зон или зоны большой площади либо сложной конфигурации. Выносные антенны соединяются со считывателем коаксиальным кабелем.

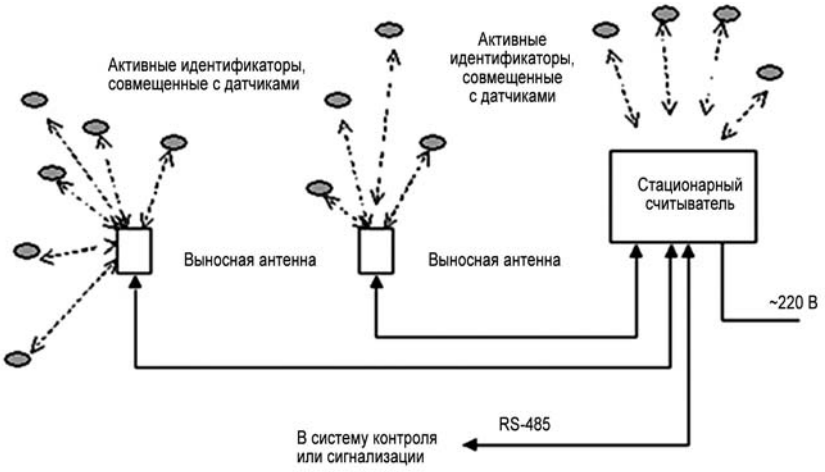


Рис. 2. **Структурная схема типового узла беспроводной системы сигнализации**

Судовая беспроводная система контроля или сигнализации будет состоять из множества однотипных узлов (рис. 2).

Собранная стационарным считывателем информация о кодах идентификаторов, попавших в зоны контроля, передается по стандартному интерфейсу RS-485 в блоки сбора информации и далее поступает в прибор обработки и представления данных системы контроля или сигнализации. Объем информации, передаваемый от одного типового узла, зависит от количества идентификаторов в зоне контроля. Так, при наличии 200 идентификаторов объем передаваемой информации не превысит 5 кбайт.

Шестая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности

«Имитационное моделирование. Теория и практика»

ИММОД-2013

состоится в Казани 16—18 октября 2013 г.

Цель конференции — распространение методов и средств имитационного моделирования для решения научных и практических задач, активизация творческой деятельности и укрепление научно-производственного потенциала РФ.

Организаторы и учредители конференции:

- *Некоммерческое партнерство «Национальное общество имитационного моделирования», Санкт-Петербург;*
- *Академия наук Республики Татарстан, Казань;*
- *Агентство инвестиционного развития Республики Татарстан, Казань;*
- *Институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург;*
- *ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург.*

Научная программа конференции включает следующие тематические направления:

- *теоретические основы и методология имитационного и комплексного моделирования;*
- *методы оценивания качества моделей полимодельных комплексов;*
- *методы и системы распределенного моделирования;*
- *моделирование глобальных процессов;*
- *средства автоматизации и визуализации имитационного моделирования;*
- *системная динамика (с обязательным наличием имитационной составляющей);*
- *практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования;*
- *имитационное и комплексное моделирование в обучении и образовании.*

Регистрация по электронному адресу immod-2013@simulation.su. Официальный сайт конференции — www.simulation.su. Предельный срок подачи заявок на выступление с докладом — 7 октября 2013 г.

Организационный комитет

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Б.Б. Калюжный, руководитель направления ТОиР /Департамент продуктов Oracle, компания GMCS

Рынок судостроения демонстрирует повышение требований к надежности и расширение перечня решаемых задач для современных кораблей и судов. Это, в свою очередь, приводит к повышению сложности разработки, производства, эксплуатации, ремонта и обслуживания кораблей и судов, включая их комплектующие.

Применение CALS технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) при проектировании, производстве, эксплуатации и обслуживании высокотехнологичной и наукоемкой продукции становится жизненно необходимым, в том числе и для поддержания конкурентоспособности продукции на западных рынках.

CALS технологии подразумевают использование современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла (СЖЦ) изделия. Если рассмотреть основные СЖЦ изделия (рис. 1), то единой системой, объединяющей все СЖЦ изделия, может служить система интегрированной логистической поддержки (ИЛП) изделия.

Как видно из рисунка, бизнес-процессы системы ИЛП должны быть согласованными, работать в едином информационном пространстве и с нормализованными (т. е. приведенными к единому виду в соответствии с ГОСТ, ОСТ, нормалями и ТУ) справочниками. На рис. 1 также перечислены основные ИТ-системы, которые могут объединяться в зависимости от выбранного варианта ИТ-архитектуры предприятия.

В России в последние годы проводится большая работа по развитию и применению CALS технологий, основанных на отечественном и мировом опыте, однако вопросы информационного и технического взаимодействия участников СЖЦ кораблей и судов на практике по-прежнему сложны и непрозрачны.

У нашей компании есть пример успешного построения системы послепродажного обслуживания в смежных отраслях — аэрокосмической и оборонной. Мы начинали проект практически в условиях «нулевой видимости» и совместно с заказчиком — крупной сервисной компанией — и руководством холдинга, в который она входила, прорабатывали требования, дизайн и архитектуру системы послепродажного обслуживания (ППО). Полученный опыт позволил нам сформировать понимание того, как в российских условиях может быть построена такая система. Отдельными рекомендациями и наблюдениями мы хотели бы поделиться в рамках данной статьи.

Что выбрать — ППО или ИЛП?

Система ППО и система ИЛП — какая из них более функциональна? Могут ли они заменить друг друга? На первый взгляд, ППО — это часть ИЛП, относящаяся к СЖЦ эксплуатация и утилизация. Однако при детальном анализе задач и назначения этих систем выявляются существенные различия: система ИЛП ориентирована на разработчиков и производителей, а ППО — на клиента (эксплуатанта продукции).

Задачи управления данными об изделии в ППО и ИЛП разнесены во времени, по исполнителям и имеют особенности, которые трудно объединить в одной системе. Более того, попытки объединения ППО и ИЛП в одну автоматизированную систему неизбежно приводят к ее усложнению как с техниче-

Рис. 1. **Построение интегрированной логистической поддержки**

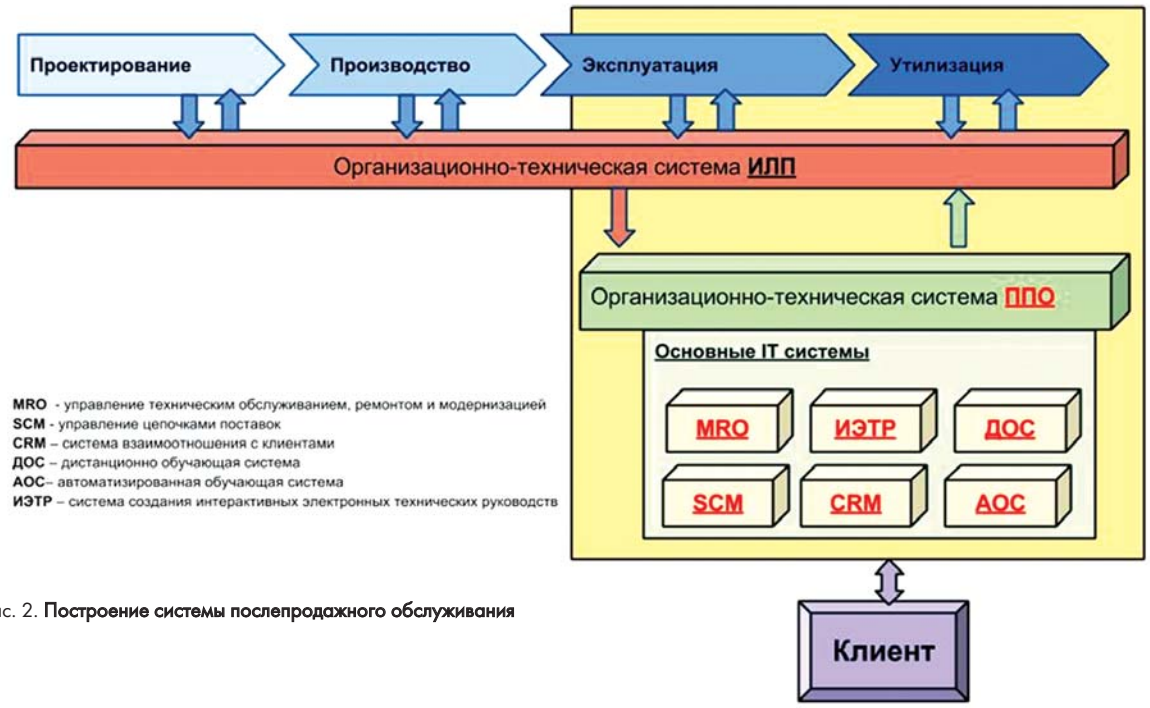


Рис. 2. **Построение системы послепродажного обслуживания**

ской, так и с организационной стороны, что выливается в значительные финансовые затраты и сложность работы пользователей. Все эти факторы приводят к снижению надежности всей системы.

Рациональным вариантом построения архитектуры системы ППО является схема, где системы ППО и ИЛП разделены, а автоматизация задач производится с помощью специализированных ИТ-решений. На рис. 2 показана примерная схема построения системы ППО для кораблей и судов. Стоит отметить, что в настоящий момент существует широкий выбор ИТ-решений для автоматизации задач ППО.

Несмотря на то, что система ППО имеет схожие с ИЛП процессы управления данными об изделии, для ее функционирования нет необходимости содержать данные разработки и производства. Основное внимание в системе ППО уделяется управлению данными об изделии при эксплуатации, обслуживании, ремонте, возможной модернизации, и более подробно рассматриваются процессы взаимоотношения с клиентами, планирования и выполнения ремонтов (ремонтного производства, сервисного центра, выездных бригад), планирования и материально-технического обеспечения (МТО), обучения персонала. Результаты изменения данных об изделии в процессах эксплуатации и ремонта из ППО передаются в систему ИЛП для проведения анализа и принятия решений по оптимизации процессов эксплуатации и ремонта.

ППО как клиентоориентированная система

Несколько слов, почему наличие системы ППО выходит в современных условиях на первый план. Как клиентоориентированная система, система ППО повышает привлекательность кораблей и судов и обеспечивает:

- повышение скорости реагирования на проблемы и их устранения;
- повышение надежности изделий (своевременный ремонт и контроль его исполнения);
- доступные и современные средства обучения;
- снижение времени простоя в ремонте;
- снижение сроков исполнения МТО.

Еще одним аргументом, выступающим за построение эффективной системы ППО, является расширение спектра оказываемых услуг, которые могут принести дополнительную прибыль после продажи корабля или судна. Примером могут быть услуги, которые без наличия ППО оказать трудно или невозможно:

- предоставление актуальных ИЭТР;
- техническая поддержка 24/7 (в течение 24 ч, семь дней в неделю) с формированием базы знаний;
- поддержание определенного процента готовности флота;
- прогнозирование и планирование МТО в зависимости от интенсивности, условий эксплуатации и отказов кораблей и судов;
- актуальные электронные каталоги предметов снабжения;
- автоматизация процессов аутентификации предметов снабжения.

GMCS

GMCS — российская ИТ-консалтинговая компания. На рынке с 1997 года.

Компания оказывает полный спектр услуг, связанных с внедрением, развитием и технической поддержкой информационных систем управления предприятием. Решает задачи в области управления производством, ТОиР, процессами послепродажного обслуживания (ППО) и материально-технического обеспечения (МТО), управления запасами, цепочками поставок (SCM), персоналом и другие задачи.

Является партнером ведущих поставщиков программных продуктов: IBM Cognos, Infor, JDA, Microsoft Dynamics, Oracle, QlikTech, SAP, "БОСС. Кадровые системы" и др. Более 200 клиентов. Проекты в России, СНГ и в странах ближнего зарубежья.

www.gmcs.ru

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ ДЛЯ АРКТИКИ

А. С. Орыщенко, докт. техн. наук, генеральный директор, **В. А. Малышевский,** докт. техн. наук, зам. генерального директора, **Е. И. Хлусова,** докт. техн. наук, первый зам. начальника научно-производственного комплекса № 3, начальник лаборатории (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей, www.crism-prometey.ru)

УДК 658.012:629.5

Судостроение является одной из приоритетных отраслей Северо-Запада РФ и решает сложнейшие задачи освоения новых нефтегазовых месторождений на континентальном шельфе Арктики, транспортировки нефти и газа, эффективного функционирования Северного морского пути, обеспечения безопасности в пределах морских границ России.

Согласно стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу рынок продукции гражданского судостроения включает в себя разнообразную морскую технику для изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа России, принципиально новые крупнотоннажные суда усиленного ледового класса — танкеры и газовозы, научно-исследовательские суда для выполнения работ в области гидрометеорологии и мониторинга состояния окружающей среды, суда экологического и гидрологического контроля, средства транспортировки нефти и газа, номенклатуру сложных наукоемких морских судов для обновления транспортного и рыбопромыслового флота страны, морские паромы, мощные буксиры, спасатели, для которых необходимы стали различных классов, поставляемые в виде листового и профильного проката, отливок, сварочные материалы и специальные функциональные покрытия (коррозионно-стойкие, износостойкие и др.).

К сталям, используемым для строительства морских сварных конструкций, ледокольно-транспортного флота, ледостойких буровых платформ, плавучих атомных станций, предъявляется целый ряд особых требований: широкий интервал прочностных характеристик (от 235 до 690 Н/мм^2) в сочетании с высокими пластичностью и вязкостью, высокое сопротивление хрупким разрушениям при температурах эксплуатации до минус 40 °С, сопротивление воздействию статических, динамических и циклических нагружений, отсутствие коррозионно-механических повреждений при расчетном сроке эксплуатации в морской воде, сопротивление слоистым разрушениям в узлах сварных конструкций, достаточная технологичность при изготовлении (гибке, правке) и сварке, обеспечивающая возможность изготовления конструкций крупными блоками и сборку на открытых площадках в условиях низких температур (в отдельных случаях до минус 20 °С). Для строительства конструкций нефтегазодобывающих платформ и сопутствующей инфраструктуры немаловажна также и относительная дешевизна поставляемых материалов.

С 50-х годов XX века ЦНИИ КМ «Прометей» активно развивает направление создания хладостойких сталей [1]. В середине 70-х—начале 80-х годов была начата разработка высокопрочных и плакированных сталей для судов ледового плавания, ледоколов, морских конструкций для разведки и добычи углеводородов, многие из которых нашли свое применение в проектах ПБУ типа «Шельф», «Каспий», корпусах атомных ледоколов «50 лет Победы», «Таймыр» и «Вайгач».

Созданные в 70—80-е годы в ЦНИИ КМ «Прометей» хладостойкие стали 10ГНБ, АБ-1, АБ2Р производились после термоулучшения (закалки с отпуском), что требовало повышения уровня легирования стали [2, 3].

Однако возможности повышения свойств конструкционных сталей и сплавов только за счет легирования практически исчерпаны, и в настоящее время этот путь экономически нецелесообразен. В то же время создавать новые продукты, добиваясь от них свойств и эффектов, недоступных в традиционном материаловедении, например достигать в легированных сталях и сплавах рекордных значений прочности при удовлетворительной пластичности и хладостойкости при температурах эксплуатации в сочетании с резким снижением себестоимости продукции, возможно за счет формирования наноструктурных состояний [4, 5].

В связи с этим создание объемных конструкционных металлических материалов с нанофазным и наноструктурным упрочнением, обеспечивающим уникальное сочетание прочности, пластичности, вязкости, сопротивления усталостному и коррозионно-механическому разрушению за счет формирования равномерно распределенных или пространственно-текстурированных наноразмерных структур, является наибо-

лее перспективной задачей современного материаловедения.

С целью повышения востребованности и эффективности использования материалов, обеспечения требуемого объема продаж в начале 2000-х годов был проведен научный анализ тенденций развития рынков сбыта продукции на ближайшую и долгосрочную перспективу, который показал, что необходимо предпринять экстренные меры по расширению сортамента и номенклатуры материалов, применяемых для строительства морской техники и сопутствующей инфраструктуры, для обеспечения конкурентоспособности отечественной промышленности в области строительства арктических конструкций. В этом случае листовой и профильный прокат из стали, отличающиеся высокой свариваемостью и сопротивляемостью хрупким разрушениям, найдет широкий спрос также и на рынках зарубежных стран. Одним из направлений, способствующих расширению экспорта, могло стать качественное улучшение хорошо известных и широко применяемых марок стали.

Работы по созданию новых материалов ЦНИИ КМ «Прометей» выполнил в рамках проекта «Создание технологий и освоение промышленного производства конструкционных металлических материалов с двукратным повышением важнейших эксплуатационных свойств» (2003—2006 гг.) совместно с основными заводами-изготовителями продукции — ЧерМК ОАО «Северсталь», ООО «ОМЗ-Спецсталь», научно-исследовательскими и проектными организациями, в их числе ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова», ФГУП «ЦНИИ Чермет им. И. П. Бардина», Институт металлургии им. А. А. Байкова, Российский морской регистр судоходства (РМРС) и др.

После введения в эксплуатацию в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»» нового автоматизированного стана «5000» в 2009 г. серия новых хладостойких сталей с пределом текучести от 235 до 620 Н/мм^2 была освоена также и на этом комбинате.

Исходя из перечисленных выше требований, при создании новых марок хладостойкой стали решен ряд научных проблем: разработана система легирования и микролегирования экономичных марок стали, определены основные принципы формирования структуры стали, требования к металлургическому качеству, созданы принципиально новые для стали этого класса технологии металлургического и прокатного передела и освоено производство новых марок стали на российских предприятиях.

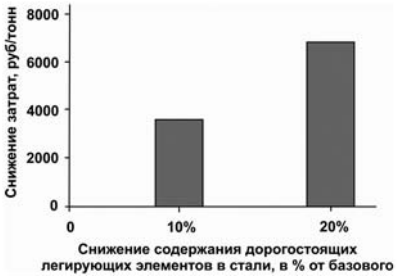


Рис. 1. **Снижение затрат на производство стали с пониженным содержанием легирующих элементов**

Учитывая необходимость обеспечения высокой свариваемости, максимальное содержание углерода в хладостойких сталях для арктических конструкций не должно превышать 0,10—0,12%, а содержание легирующих элементов должно быть минимально возможным. Предложены принципы легирования хладостойкой стали, подвергаемой термомеханической обработке, основные из которых заключаются в обеспечении содержания углерода в пределах 0,05—0,08% для марганцевых и марганцево-никелевых сталей и 0,07—0,10% для экономнолегированных хромоникельмолибденовых сталей, а также в оптимизации содержания дефицитных и дорогостоящих легирующих элементов (никеля, молибдена, рис. 1) и микролегировании ванадием и ниобием в количестве 0,02—0,06% каждого, титаном — не более 0,02%.

В металлургических технологиях были реализованы следующие принципы: снижение степени сегрегаций в литом слябе, повышение чистоты стали от вредных примесей (серы, фосфора), газов и неметаллических включений при снижении содержания углерода, глобуляризация сульфидных включений, микролегирование ванадием и/или ниобием и/или титаном с целью эстафетного связывания углерода в мелкодисперсные карбиды и карбонитриды.

При обеспечении в процессе выплавки и разливки высокого металлургического качества хладостойкость стали определяется ее структурой, дисперсностью и морфологией структурных составляющих, зависящими как от легирования, так и от технологии прокатки и термической обработки стали. При создании хладостойких сталей важно учитывать не только соотношение структурных составляющих, но и их морфологическое подобие, что способствует формированию смеси структурных элементов с примерно одинаковыми размерными и морфологическими признаками (квазиизотропная структура) по всей толщине листового проката (рис. 2).

В связи с этим одним из эффективных направлений повышения свойств и качества хладостойких свариваемых сталей стало формирование структуры заданной морфологии, измельчение структурных составляющих на субмикроуровне путем применения методов термомеханической обработки при одновременном снижении в стали содержания углерода, вредных примесей, рациональном легировании, использовании элементов, измельчающих зерно, а также модификаторов формы неметаллических включений.

Изучение взаимосвязи между структурой стали и ее свойствами позволило установить, что при необходимости достичь максимальной хладостойкости следует повысить дисперсность конечной структуры вплоть до наноуровня [5]. При этом измельчение структуры достигается на всех стадиях металлургического передела. Наиболее значительное повышение дисперсности структуры

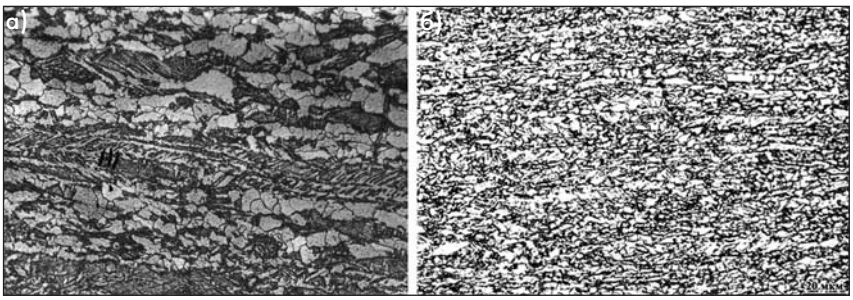


Рис. 2. **Структура судостроительной стали повышенной прочности:**
а — грубая неоднородная, снижающая характеристики хладостойкости; *б* — мелкозернистая квазиизотропная, обеспечивающая высокую хладостойкость

обеспечивается при пластической деформации в результате повышения плотности дислокаций в аустените, самоорганизации дислокационных структур и формирования в аустените разноориентированных микрообластей (фрагментов), наследуемых затем конечной структурой при ускоренном охлаждении.

На основе разработанных принципов в период 2004—2010 гг. впервые для практики российских промышленных предприятий была массово внедрена технология термомеханической обработки, заключающаяся в целенаправленном формировании высокодисперсной, квазиизотропной фрагментированной структуры заданного состава и морфологии по сечению листового проката толщиной до 60—70 мм на всех стадиях технологического передела, и создано новое поколение низкоуглеродистых хладостойких судостроительных сталей (табл. 1).

Впервые внедрена технология термомеханической обработки листового проката толщиной до 60 мм из хладостойких сталей категории F (с контролем работы/энергии удара при температуре –60 °С), обеспечивающая высокий уровень их физико-механических свойств.

Наряду с термомеханическим упрочнением, для производства хладостойких сталей применяется и традиционная закалка с отпуском, для небольших толщин — нормализация. По этой технологии сталь производится в ОАО «Северсталь», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ООО «Уральская сталь» и ООО «ОМЗ-Спецсталь». Наибольшую проблему при отпуске малоуглеродистых низколегированных сталей представляет неконтролируемый рост зерна при повышении температуры и времени отпуска выше установленных, что приводит к снижению значений работы (энергии) удара. Эта проблема была решена за счет оптимизации микролегирования низкоуглеродистых сталей.

Устойчивость структуры стали, а значит и свойств, при эксплуатационных нагружениях может быть обеспечена мерами технологического характера при выплавке, прокатке, термической и термомеханической обработке листового проката, обеспечивающими снижение доли и размера неметаллических включений, формирование мелкозернистой квазиизотропной структуры с мелкодисперсной карбидной фазой, что исключает возможность концентрации напряжений у включений и образования микротрещин. Исследования изменения структуры в зоне термического влияния сварных соединений, при пластической деформации в процессе гибки, а также при имитации эксплуатационных воздействий — статическом и динамическом нагружениях, позволили установить ряд дополнительных требований к выполнению технологических операций при производстве стали и изготовлении элементов конструкций.

В результате выполненных работ разработан новый национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52927-2008 «Прокат стальной для судостроения из стали нормальной, повышенной и высокой прочности» и внедрены новые технологии производства серии сталей, обеспечивающих улучшенную свариваемость (в обозначении стали используются буквы «СВ»), гарантированную сопротивляемость слоистым разрушениям (буква «Z»), а также улучшенную свариваемость в сочетании с гарантированной сопротивляемостью слоистым разрушениям (буква «W»), высокую хладостойкость (буквы «Е» и «F», соответствующие температуре контрольных испытаний минус 40 и минус 60 °С). Новые стали и технологии защищены патентами РФ.

Таблица 1

Современные хладостойкие судостроительные стали

Марка стали	Композиция легирования	Предел текучести, МПа	Работа удара, KV при 60 °С	Относительное сужение в направлении толщины Z_z, %	Параметр трещиностойкости при сварке P_{cm}, %	Содержание серы, %
		Не менее			Не более	
FW	C—Mn—V—Nb	235	40	35	$C_{экв}$≤0,34	0,005
F32W		315	40	35	$C_{экв}$≤0,36	0,005
F36W	C—Mn—Ni—(Cu)—V—Nb	355	50	35	0,22	0,005
F40W		390	50	35	0,22	0,005
F460W		460	80	35	0,22	0,005
$F500W^{arc40}$	C—Cr—Ni—Cu—Mo-V—(Nb)	500	80	35	0,24	0,005
$F620W^{arc40}$		620	80	35	0,28	0,005
$F690W^{arc40}$		690	90	35	0,32	0,005

В последние годы созданы новые высокопрочные хладостойкие стали $F500^{Arc40}$, $F620^{Arc40}$ и $F690^{Arc40}$ для листов толщиной до 50 мм с пониженным уровнем легирования и гарантированным сопротивлением хрупким, слоистым и коррозионно-механическим разрушениям при низких температурах, удовлетворяющие новым требованиям PMPC, и малозатратные технологии их производства, требующиеся для изготовления корпусных конструкций судов арктического плавания, нефтедобывающих платформ, судов FPSO и других объектов морской техники.

Выполнен комплекс исследований работоспособности новых марок стали, в том числе стали категории F, по программам PMPC, Det Norske Veritas, Lloyd Register, подтвердивший их соответствие российским и международным требованиям, предъявляемым к сталям для судов арктического плавания и технических средств разведки и добычи углеводородов. Показано, что разработанные стали обеспечивают требуемый уровень трещиностойкости основного металла до температур минус 50—минус 70 °С, а сварные соединения — до температур минус 40—минус 45 °С.

Для сварки высокопрочных сталей и сталей повышенной прочности, эксплуатируемых в тяжелых условиях арктического шельфа, потребовалась разработка новых сварочных материалов. Сварочные материалы, предназначенные для буровых платформ, должны обеспечивать помимо других требований достаточно высокую хладостойкость металла шва. Для сварки хладостойких сталей разработаны новые марки низколегированных электродов, сварочных проволок, агломерированного флюса. Требуемую работу удара металла шва при температуре минус 60 °С удалось обеспечить только с применением агломерированных флюсов, имеющих высокую основность, с введением в состав шва ферросплавов для микролегирования и раскисления, а также с применением электродов и порошковых проволок, микролегированных редкоземельными металлами и бором.

Для изготовления сварных соединений из новых сталей с индексом «Arc» разработана специальная тех-

нология сварки, гарантирующая высокий уровень эксплуатационных свойств и соответственно долговечность корпусных конструкций.

Разработанные судостроительные стали продемонстрировали высокую технологичность при сварке и обработке, материалы успешно внедрены при строительстве морской ледостойкой нефтегазодобывающей платформы «Приразломная», самоподъемной буровой платформы «Арктическая», серии многоцелевых платформ «Moss Maritime» проекта CS550, а также при создании инфраструктуры Варандейского месторождения. Только для строительства стационарных и плавучих буровых платформ изготовлено и поставлено более 60 000 т хладостойких сталей (табл. 2, рис. 3).

Новые стали хорошо зарекомендовали себя в производстве, подтверждена их высокая технологичность. При этом высокая структурная устойчивость новых сталей при технологических переделах — гибке, правке, резке и сварке — позволила обеспечить получение высококачественных конструкций, которые в сочетании со стойкостью к воздействиям низких температур, морской воды, ветроволновым и циклическим нагрузкам обеспечат их надежную эксплуатацию и экологическую безопасность на весь срок службы (более 30 лет).

Заключение. Создание новых марок стали и технологий их производства открывает широкие перспективы их реализации как на внутреннем, так и на внешнем рынках, так как эти стали не имеют аналогов в мировой практике по комплексу потребительских свойств. Производство новых высокоэффективных материалов на основе разработанных технологий ориентировано на обеспечение серийного строительства уникальных плавучих и стационарных платформ с высокой экологической надежностью для добычи нефти и газа на континентальном шельфе арктических морей России, на ускоренное обновление и подъем технического уровня отрасли, на снижение трудоемкости сварочных работ за счет двукратного повышения свариваемости стали и обеспечение надежности эксплуатации конструкций из хладостойкой стали в северных условиях.

Рис. 3. **Объекты внедрения хладостойких сталей:**
а — морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная»; *б* — самоподъемная полупогружная буровая установка «Арктическая»

Приоритетные направления дальнейшего развития судостроительных материалов связаны с инновационной деятельностью, особенно в области автоматизированных технологий и нанотехнологий. При этом повышение конкурентоспособности технологических процессов и снижение себестоимости продукции будет достигаться за счет:

— увеличения сортамента продукции, производимой из одного базового (унифицированного) химического состава на одной технологической линии;

— унификации химических составов и технологии производства сталей для различных отраслей промышленности;

— управляемого формирования наноструктурных состояний для повышения конечных свойств сталей, сварочных и функциональных материалов;

— разработки многослойных продуктов с дополнительными функциональными свойствами (коррозионная стойкость, износостойкость, внешний вид и т. д.).

Полная же революция в производстве металлических материалов будет достигнута на основе нанотехнологий: развиваемых в настоящее время процессов лазерного прототипирования готовых деталей, а также процессов их механосинтеза из порошковых частиц различных материалов и нанесения специальных покрытий (коррозионно-стойких, износостойких, градиентных с переменными свойствами, каталитически активных и др.). При этом все процессы будут контролироваться компьютерной техникой, т. е. проводиться в автоматическом режиме. На решение этих задач направлены усилия ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» и его партнеров.

Таблица 2

Поставки хладостойких сталей для морской техники

Марка стали	Одобрение классификационным обществом	Поставка на заказ	Объем поставки, т
E36Z, F36Z	PMPC	МЛСП «Приразломная»	60 000
F36CBZ			3 000
E40Z, E36Z	DNV, PMPC	СБУ «Сахалин-2»	7 000
F40Z, F36Z	DNV, PMPC	ПБУ «Moss»	2100
F500W	PMPC	ПБУ «Moss»	800
D40, E40	PMPC	Терминал Варандеевский	6 000

Литература

1. *Легостаев Ю. Л.* Вклад ЦНИИ КМ «Прометей» в создание морской инженерной техники для разведки и добычи углеводородов на морском шельфе//По пути созидания. СПб.: Изд-во ГНЦ РФ ЦНИИ КМ «Прометей», 1999.
2. *Малышевский В. А., Грищенко Л. В. и др.* Высокопрочная хладостойкая свариваемая сталь для корпусов судов арктического плавания, ледоколов и плавучих установок//Судостроительная промышленность. Л.: ЦНИИ «Румб», 1988.
3. *Легостаев Ю. Л., Карчевская Н. И., Харчевников В. П.* Хладостойкая низколегированная сталь//МиТОМ. 1987. № 11.
4. Экономнолегированные стали с наномодифицированной структурой для эксплуатации в экстремальных условиях/*И. В. Горынин, В. В. Рыбин, В. А. Малышевский, Е. И. Хлусова, Е. В. Нестерова, В. В. Орлов, Г. Ю. Калинин*//Вопросы материаловедения. 2008. № 2 (54).
5. *Горынин И. В., Хлусова Е. И.* Наноструктурированные стали для освоения месторождений шельфа северного ледовитого океана//Вестник РАН. 2010. № 12.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МОДУЛЬНО-АГРЕГАТНОГО МЕТОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПОСТРОЙКЕ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Н. И. Герасимов, докт. техн. наук, **И. В. Грачев, М. А. Долматов, Д. Н. Канаев, П. Л. Лямин,** канд. техн. наук, **А. О. Михайлов**
(ОАО «ЦТСС», e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 629.5.081.1

Основными направлениями дальнейшего совершенствования механомонтажных производств судостроительных предприятий являются улучшение организационно-технологических условий сборки и монтажа судового энергетического основного и вспомогательного оборудования, повышение их монтажной технологичности, обеспечивающие в целом значительное снижение общей продолжительности и трудоемкости постройки объектов морской техники. В наибольшей степени этому отвечает модульно-агрегатный метод (МАМ) монтажа судового оборудования, при котором возможно перенесение большей части объема монтажных работ из судовых помещений на участки цехов верфи. При этом меняются условия выполнения производственных процессов: вместо проведения основного объема работ в судовых помещениях значительная часть их осуществляется в оснащенных для этой цели цехах и участках. Цеховая сборка сборочно-монтажных единиц (СМЕ) энергетических установок (ЭУ) и общесудового оборудования проходит на значительно более высоком организационном уровне. Весь инструмент, средства механизации и оснастка находятся непосредственно на участке сборки, что сокращает потери времени до минимума.

Вместе с тем МАМ монтажа энергетического оборудования создает условия для более полной механизации и тех работ, которые выполняются непосредственно на судне.

При сборке агрегатов и зональных блоков на специализированных стендах в цеховых условиях работы ведутся практически одновременно со всех сторон, в результате число занятых на сборке рабочих значительно увеличивается. Повышенная доступность к монтажным зонам объекта позволяет более широко применять средства механизации на всех операциях, на всех уровнях по высоте и всему периметру, что в целом сокращает продолжительность сборочных работ.

Наибольший эффект от агрегатирования достигается при создании более крупных сборочных единиц. Тенденция увеличения объема каждой сборочной единицы наблюдается как для общесудового механического оборудования, так и для всех видов энергоустановок. В этой связи в крупные сборочные единицы включаются до 80% основного и вспомогательного механического оборудования, арматуры и трубопроводов, что позволяет перенести с судов и кораблей в цех до 60% объема монтажных работ. Исходя из сказанного, МАМ монтажа судового энергетического оборудования позволяет сократить в 2—3 раза цикл монтажных работ и на 20% трудоемкость сборочно-монтажных операций.

Широкое развитие модульно-агрегатных основ постройки судов и кораблей получило в СССР в 70—90-е годы прошлого столетия. Ведущими специалистами института технологии судостроения и ряда других предприятий были разработаны и успешно внедрены в производства судостроительных и проектных предприятий десятки руководящих, регламентирующих и нормативных документов по технологиям, средствам оснащения, требованиям к конструкциям агрегатов, блоков судового оборудования и помещений судов.

Решались вопросы собираемости СМЕ в затесненных условиях судовых помещений. По результатам многочисленных разработок был выпущен отраслевой стандарт по методам размерного анализа и расчета вероятностной собираемости сборочных единиц на стадиях проектирования и их непосредственного изготовления и монтажа с учетом фактических размеров [1].

С целью повышения качества объемного проектирования были разработаны руководящие документы, содержащие технические требования по:

— использованию метода макетирования судового оборудования и обстановки места его расположения на судне, нормы и правила изготовления и приемки их макетов [2], [3], что обеспечивало наглядное представление о возможности наиболее оптимального решения многих конструктивно-техно-

логических вопросов, в том числе по выполнению комплекса монтажных операций;

— проектированию, изготовлению, сборке и монтажу зональных блоков и модулей, СМЕ общего судового оборудования и трубопроводов [4], [5].

Выпущены и внедрены на судостроительных предприятиях отраслевые стандарты и руководящая документация по технологиям перемещения и погрузки СМЕ ЭУ, нормам и правилам проектирования СТО, обеспечению необходимой чистоты ЭУ [6], [7], [8], [9], [10].

К числу известных разработчиков, которые внесли свой значительный вклад в развитие МАМ в области механомонтажного производства при постройке объектов морской техники, следует отнести: З. Р. Шенинга, В. М. Мехренгина, Ф. А. Кудрявцева, В. П. Богданова, Б. М. Образцова, А. П. Маркова, А. В. Спиридонова и ряд других специалистов.

Значительное внимание в ОАО «ЦТСС» (ЦНИИТС) уделялось технологиям сборки корпусных конструкций и в целом постройки объектов морской техники на основе использования МАМ. В этом направлении также выпущены и внедрены десятки нормативно-регламентирующих и руководящих документов, как в производства судостроительных заводов, так и проектные организации, что обеспечило снижение продолжительности и трудоемкости постройки судов и кораблей разных классов и назначений. В этом направлении разработки сотрудников ОАО «ЦТСС» (ЦНИИТС): В. Ф. Соколова, М. В. Орлова, А. С. Воеводского, В. И. Куперштейна, С. А. Кузьминова, В. С. Михайлова и др. были успешно внедрены в производства верфей.

Значительный вклад в развитие МАМ внесли ряд инженеров и ученых других предприятий, институтов и КБ отрасли. Так научные работы С. Д. Спасского и Ю. С. Басса были направлены на возможность постройки изделий 21 с использованием высокого уровня монтажа судового оборудования в виде СМЕ. Значительный вклад в научные исследования внесли С. Ш. Дурмашкин, А. А. Мильто, Г. В. Бавыкин и ряд других ученых.

Поэтому в основу новой принятой в 2012 г. к разработке ОКР «Модуль» была сформулирована концепция, которая заключается в дальнейшем развитии и совершенствовании ряда направлений МАМ строительства гражданских судов, разработке научных основ (критериев) и методики по обеспечению рационального агрегатирования механического оборудования и трубопроводов.

Так, для обеспечения повышения точности и автоматизации процессов расчета собираемости СМЕ при сборке и монтаже в судовых помещениях необходимо будет выполнить значительный объем научных разработок.

Существующие разработки по вопросам собираемости к настоящему времени значительно устарели, так как в основу методов заложены ручные методы расчетов, которые требуют значительного объема вычислений и соответственно времени. До настоящего времени попытки по разработке автоматизированных методов расчета оказались неудачными.

В этой связи по теме будет разработана методика расчета собираемости для всех видов монтажа с учетом различных технологических средств оснащения, возможности оптимального удобства и качества выполнения работ по точному центрированию СМЕ относительно МБП, монтажу конструктивно сложных и трудоемких узлов крепления, забойных участков трубопроводов, выполнения операций по очистке внутренних полостей гидравлических систем после их окончательной сборки в условиях повышенной затесненности.

Другим важнейшим направлением МАМ является совершенствование методов и средств измерения при выполнении операций сборки и монтажа крупногабаритных СМЕ.

Для обеспечения собираемости СМЕ существующими документами предусматривалось проводить комплекс измерений судового помещения и самих сборочных единиц с возможностью определения фактических монтажных и эксплуатационных зазоров. При этом измерения выполнялись и проводятся до настоящего времени с использованием рулеток, линеек и т. п. Точность измерений получается довольно низкая, а трудоемкость и продолжительность проведения такой операции — значительными. Для проведения обмеров СМЕ и помещения судна необходимо устанавливать строительные леса.

Использование современных средств измерений (например лазерных трекеров, электронных тахеометров и т. п.) позволит выполнять такого рода измерения с более высокой точностью и самое главное за короткий период. При этом обработка данных измерений осуществляется на компьютере с возможностью получения оперативных данных на всем протяжении перемещения СМЕ, ее центрировании и окончательной установки на штатном фундаменте. Однако для этого необходимо будет согласно техническому заданию настоящей ОКР разработать ряд методик выполнения контрольно-измерительных работ.

Значительное место в ОКР «Модуль» отведено вопросам макетирования и моделирования процессов сборки и монтажа крупногабаритных СМЕ.

В целях обеспечения собираемости на предыдущем этапе работ предусматривалось проведение масштабного макетирования СМЕ и помещений из специальных материалов. Был разработан отраслевой стандарт, по которому конструкторами и технологами на ранней стадии проектирования изготавливались макеты СМЕ, отдельных фрагментов помещений судов и сложных узлов крепления, обеспечивающие в конечном итоге совершенствование конструкций СМЕ и судовых помещений. Известно, что такого рода работы требовали значительного объема трудозатрат и времени. Тем не менее необходимой точности достигнуть практически было невозможно, что в значительной степени снижало ожидаемый эффект получения наглядной информации.

В настоящее время представляется возможность широкого перехода на электронное макетирование полной обстановки в судовом помещении при использовании электронных 3D-моделей сборочной единицы и судового помещения как для проектного состояния, так и для фактического, когда помещение и СМЕ уже в металле. При этом становится возможным осуществить моделирование всего процесса погрузки, центрирования и установки на штатный фундамент изделия по фактическим размерам.

В этой связи техническим заданием настоящей ОКР предусматриваются:

— разработка и апробация технологии моделирования технологических процессов сборки и монтажа крупных сборочных единиц главного энергетического и вспомогательного оборудования при крупноблочной и модульной постройке объектов морской техники;

— разработка рекомендаций по внедрению на предприятиях отрасли технологических процессов при крупноблочной и модульной постройке объектов морской техники.

В рамках темы необходимо создать библиотеку трехмерных моделей типовых сборочных единиц основного и вспомогательного оборудования, типовых средств технологического оснащения, используемых при сборке, погрузке и монтаже судового оборудования и сборочных единиц и типовых цифровых манекенов персонала.

Используя библиотечные данные, можно в короткие сроки осуществлять моделирование сравнительно сложных технологических процессов сборки, погрузки, центрирования и монтажа в затесненных условиях помещений судов.

Согласно требованиям технического задания ОКР «Модуль» в настоящее время ведутся работы по исследованию напряженного состояния полимерных компенсаторов для заполнения монтажных зазоров применительно к судовым узлам крепления главных и вспомогательных механизмов, судового оборудования, валопроводов и судовых устройств. Предусматривается разработка отечественного полимерного материала нового поколения, технологии монтажа и типовых средств технологического оснащения с применением полимерных компенсаторов. Исходя из опыта отечественного и зарубежного судостроения, представляется перспективным дальнейшее расширение области применения полимерных компенсаторов, а именно: для амортизированных механизмов, судового оборудования и сборочно-монтажных единиц, для различных судовых устройств (грузовые, специальные и т. п.) и в целом для всех типов и назначений судов, кораблей и подводных лодок.

Внедрение технологий монтажа агрегатированного оборудования при постройке, ремонте судов, кораблей и подводных лодок с использованием полимерных компенсаторов в значительной степени снизит объем механической обработки сопрягаемых деталей крепления, что в конечном итоге позволит обеспечить существенное уменьшение сроков, трудоемкости и затрат при выполнении работ, повысить качество монтажа, срок службы и надежность судовых узлов креплений.

Для обеспечения применения беспригоночных методов изготовления и монтажа судовых трубопроводов осуществляется разработка показателей точности и нормы взаимозаменяемости трубопроводов и технологии изготовления забойных трубопроводов точно в размер. Внедрение указанных разработок в производства судостроительных предприятий позволит снизить трудозатраты на изготовление и монтаж трубопроводов на 25—30%.

С целью эффективной сборки крупных сборочных единиц главного энергетического и вспомогательного оборудования объектов морской техники необходимо будет в рамках выполняемой ОКР разработать оргтехпроект специализированного производства, оснащенного современными средствами механизации, оборудованием, стендами и постаментами. Предусматривается использование современных транспортных средств как напольного, так и кранового обеспечения. Темой предусматривается разработка принципиального технологического процесса сборки крупногабаритных и тяжеловесных СМЕ ЭУ с использованием кранов г/п более $2 \cdot 10^4$ кН (2000 т).

Также по теме ОКР «Модуль» в настоящее время проводится проектирование и создание ряда образцов типовых СТО для выполнения погрузки, центрирования и обеспечения штатного закрепления СМЕ энергетического и вспомогательного оборудования. Часть разрабатываемых новых СТО выполняются с новыми конструктивно-технологическими свойствами, что обеспечивает их патентование. Так, например, в ОАО «Балтийский завод» проектируются средства оснащения для: перемещения и точной установки на наклонном стапеле нижней части винторулевой колонки, имеющей массу более 260 т и конденсатора паротурбинной установки; перемещения судового оборудования в закрытых помещениях при постройке и ремонте судов. Для транспортирования и погрузки СМЕ, имеющих широкий диапазон по габаритам, создается универсальная траверса. Все разрабатываемые виды СТО будут изготовлены, испытаны и внедрены на указанном предприятии.

Впервые для обеспечения рационального агрегатирования механического оборудования и трубопроводов заказов морской техники в рамках данной ОКР необходимо разработать научные основы (критерии).

Вопросами научного обоснования объема агрегатирования судового оборудования постоянно занимаются конструкторско-технологические службы зарубежных судостроительных фирм, информационные материалы которых публикуются в сжатом виде, что не позволяет использовать в своих разработках. Собственных научных разработок по научным основам недостаточно, чтобы в полной мере можно бы было пользоваться при проектировании и непосредственной постройке различных объектов морской техники. Какие же критерии будут учитываться? Это прежде всего влияние выбранного состава СМЕ объекта на трудоемкость и продолжительность сборки и монтажа каждого изделия и в целом заказа. Будут рассматриваться вопросы качества исполнения и эксплуатационной надежности, ремонтопригодности, эргономики и т. п. Кроме того, в обязательном порядке будут учитываться конструктивные особенности каждого объекта морской техники и производственные условия предприятия, на котором должен строиться указанный объект, в том числе климатические и географическое местонахождения предприятия.

К производственным условиям предприятия прежде всего относятся: наличие и возможности грузоподъемных и транспортных напольных средств, состояние и расположение сборочных цехов, особенности доковых (стапельных) устройств. Предполагается учитывать подготовленность кадров предприятия и его оснащенность СТО, измерительными средствами и т. п.

На основании выполненных перечисленных выше работ будут разработаны требования к проектиро-

ванию объектов морской техники гражданского назначения, поставляемому оборудованию, организации участков агрегатирования и средствам технологического оснащения.

Для обеспечения апробирования ряда разработок темы на одном из судостроительных предприятий будут разработаны и внедрены технологические процессы и СТО. Так в настоящее время разрабатываются технологические процессы по сборке, погрузке и монтажу СМЕ, включающих в свой состав две ядерные энергетические установки РИТМ-200 на ледоколе проекта 22220. Масса такой сборки составит около 2000 т. При успешной реализации указанной технологии обеспечивается сокращение продолжительности постройки ледокола на один год, трудоемкости сборочно-монтажных работ на 20—25%, повышается качество всех выполняемых сложных и ответственных операций.

Для выполнения всех перечисленных задач будут привлечены сотрудники практических всех подразделений НТФ «Судотехнология» ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», кроме того участвуют в данной теме высококвалифицированные специалисты Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева, Крыловский научный центр, ОАО «Адмиралтейские верфи», ООО «Балтийский завод—Судостроение», ООО «Миксинг».

В заключение хочется отметить и тот факт, что наряду с созданием комплекса научно-технических положений, руководящей документации, требований и рекомендаций по широкому дальнейшему внедрению высокоэффективного модульно-агрегатного метода в судостроение РФ, создаются благоприятные условия, своего рода школа, для роста научно-инженерных молодых кадров, участвующих непосредственно в данном творческом процессе.

Литература

1. Модульно-агрегатный метод проектирования и постройки судов. Сборочно-монтажные единицы. Собираемость. Основные положения и методика расчета. РД5.9817-88.
2. Объемный метод проектирования в судостроении. Модели. Технические требования. РД5.0095-74.
3. Макеты помещений кораблей и судов. Нормы и правила изготовления и приемки. РД5.3006-70.
4. Модульно-агрегатный метод проектирования и постройки судов. Сборочно-монтажные единицы. Общие технические требования к конструкции, сборке и монтажа. ОСТ5.9589-88.
5. Модульно-агрегатный метод проектирования и постройки судов. Технологические процессы сборки и монтажа агрегатов зональных блоков и модулей. Основные положения. РД5.9802-80.
6. Модульно агрегатный метод проектирования и постройки судов. Сборочно-монтажные единицы. Типовой технологический процесс погрузки и выгрузки. ОСТ5Р.95083-92.
7. Модульно агрегатный метод проектирования и постройки судов. Средства технологического оснащения погрузки и выгрузки сборочно-монтажных единиц. Правила и нормы проектирования. РД5Р.95084-92.
8. *Герасимов Н. И.* Перспективные направления развития модульно-агрегатного метода монтажа ЭУ в отсеках ПЛ. Сборник тезисов научно-практической конференции «100 лет Российскому флоту»,2—4 марта 2006 г., Северодвинск.
9. *Герасимов Н. И., Жуков А. К.* Концептуальные направления технологии сборки и монтажа перспективных ядерных энергетических установок при постройке ПАТЭС//Судостроение. 2009. № 3.
10. *Герасимов Н. И., Тепляшин М. В.* Основные направления развития судостроения в России//Судостроение. 2010. № 3.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ СОЗДАНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Н. В. Огнев, Д. А. Галочкин, Е. Г. Бурмистров,
докт. техн. наук, e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru
(ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»)

УДК 629.5.081:658.51

Вопрос оптимизации параметров производственного процесса, несмотря на многочисленные исследования в этой области, для отечественных судостроительных верфей по-прежнему остается весьма актуальным. Наряду с субъективными причинами, определяемыми главным образом экономической политикой руководства верфей, существует ряд объективных причин, существенно затрудняющих оптимизацию основных параметров производства. К ним относятся: несоответствие между производственными, вспомогательными и складскими площадями существующих цехов, труднопрогнозируемая загрузка кранового оборудования и цеховых средств технического оснащения (СТО) в целом, сложности в расчете потребной на каждом производственном этапе численности производственного персонала, устаревшие расчетные методики и др. Создание оптимизационной модели производства позволило бы значительно смягчить остроту проблемы. Однако такая модель требует выработки соответствующих принципов ее построения и функционирования.

Наибольшую остроту проблема несоответствия между производственными и складскими площадями представляет для сборочно-сварочных цехов, когда необходимо одновременно обеспечить: требуемую площадь участков промежуточного складирования и их расположение, качественное хранение деталей и комплектующих, быструю и точную работу участков хранения, безопасность погрузочно-разгрузочных операций и др. При проектировании цехового складского хозяйства, как правило, используется модульный принцип организации пространства хранения [1]. Применительно к судостроению в качестве модуля обычно принимают размер заказного листа, поскольку этот размер является определяющим технологическим параметром на этапе подготовки производства. К важным параметрам при определении площадей участков складирования относятся также объем и способы обеспечения сохранности объектов хранения.

Можно выделить следующие способы хранения деталей и комплектующих на складе: россыпью, на стеллажах, в пачках, в контейнерах, в специальных кассетах. Выбор способа хранения зависит от применяемого погрузочно-разгрузочного оборудования, массы и габаритов складируе-

мых изделий и заготовок, уровня механизации сборочно-сварочного производства верфи и требований, предъявляемых к обеспечению сохранности объектов хранения.

Согласно методике [1] выбора складской площади, суммарная площадь склада деталей зависит от массы обрабатываемого металла G (т) и коэффициента складского запаса $k_з$, т. е.:

$$S_{скл} = \frac{G(G + 2400) \cdot 10^5}{k_з(G + 8000)(G + 42\,000)}. \quad (1)$$

При значении $k_з = 1$ функциональная зависимость между полезной площадью склада деталей и массой обрабатываемого металла с достоверностью $R^2 = 0{,}999$ может быть описана полиномом второй степени (рис. 1).

В целях снижения временных затрат на поиск необходимых деталей корпусных конструкции при выполнении сборочных работ необходимо оптимизировать количество деталей на складе в соответствии с технологической картой сборки секции.

Условно можно выделить четыре этапа изготовления секции вне зависимости от технологии ее изготовления и порядка выполнения работ: сборка и сварка полотнища обшивки или настила палубы; установка и приварка балок холостого набора; установка и приварка балок рамного набора; установка и приварка деталей насыщения и подкреплений.

Для синхронизации отдельных этапов изготовления секций с оценкой продолжительности их изготовления и с учетом трудоемкости соответствующих работ по каждому этапу с привязкой к единице производственной площади цеха можно оценить массу конструктивных элементов секции, приходящихся на единицу ее площади. Массы составляющих элементов целесообразно разделить на группы в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.

Анализ конструкции корпусов судов ряда современных проектов (00101, 00216, RSD44, RST27 и др.), а также требований Правил классификации и постройки судов внутреннего плавания [2] позволяет сделать вывод об относительной однороднос-

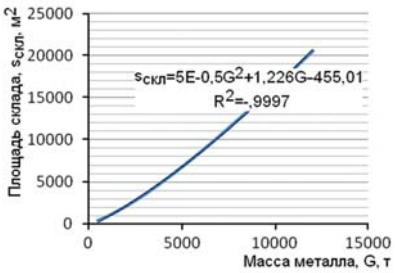


Рис. 1. **Функциональная зависимость между площадью склада и массой обрабатываемого металла**

ти корпусных конструкций по конструктивно-технологическим признакам и распределения их масс по длине корпуса судна и отдельным строительным районам.

Ориентируясь на вышеизложенное, при определении оптимального типоразмера секции по массе и конструктивному исполнению, а следовательно, трудоемкости, приходящейся на единицу массы конструкции, может быть разработана методика разбивки корпусов проектируемых транспортных судов на секции и блоки с учетом оптимального размера секций. Такая методика позволила бы создать оптимизационную модель производственного процесса изготовления корпусных конструкций с учетом имеющихся производственных возможностей завода-строителя. Очевидно, что при этом потребуется оптимизация соотношений между производственными, вспомогательными и складскими площадями, обоснование оптимального количества СТО, численности производственного персонала, загрузки кранового оборудования и пр. В то же время наличие такой модели позволит синхронизировать выпуск секций с ритмом работы заготовительного и стапельного производств, а также загрузкой кранового оборудования.

Выбор типоразмера секции зависит от ее конструктивно-технологических особенностей и размеров заказного листа. Исходя из этого целесообразно выполнять разбивку корпуса судна на типовые конструктивные элементы с учетом равномерности распределения масс по длине корпуса. При этом не обязательно стремиться к унификации габаритов секций в плане. Авторами предлагается при расчете массы 1 м² корпусной конструкции предварительно вычленить из корпуса типовые конструктивные элементы по характерным признакам, таким как толщина обшивки, размеры балок набора, их направление и конфигурация (прямолинейность/криволинейность).

На всех грузовых судах можно выделить следующие группы секций с характерными конструктивно-технологическими особенностями: секции днищевого перекрытия; секции носовой и кормовой оконечностей; секции наружного борта, внутреннего борта, второго дна и палуб, а также секции перекрытий надстройки. Разбивка корпуса на секции на основе изложенного подхода позволит систематизировать не только сборку секций, но и синхронизировать работу сборочно-сварочного и стапельного производств.

Масса одного квадратного метра секции определяется по формуле

$$M = M_п + M_{х.н} + M_{р.н} + M_{д.н}, \quad (2)$$

где $M_п$ — масса полотнища обшивки, т/м²; $M_{х.н}$ — приведенная масса холостого набора на единицу площади, т/м²; $M_{р.н}$ — приведенная масса рамного набора на единицу площади, т/м²; $M_{д.н}$ — приведенная масса деталей насыщения на единицу массы секции, т/м².

Масса 1 м² полотнища обшивки в основном зависит от ее толщины и определяется либо по формуле (2), либо по таблицам сортамента.

$$M_п = \rho s, \quad (3)$$

где ρ — плотность материала, т/м³; s — толщина обшивки, м.

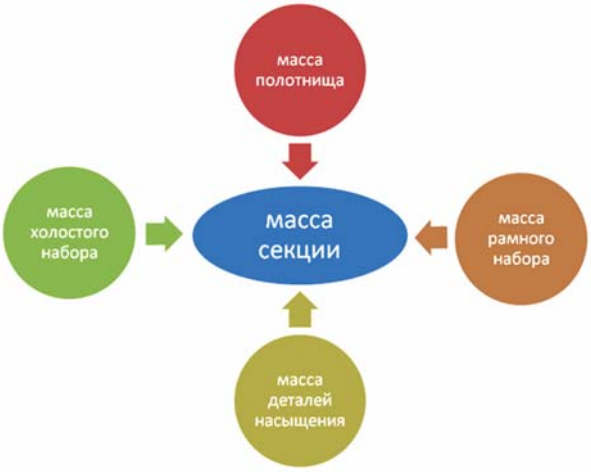


Рис. 2. **Схема распределения массовых составляющих сборочной единицы (секции)**

Приведенная масса холостого набора, приходящаяся на единицу площади секции в плане, зависит от равномерности принятой шпации. Таким образом, средняя масса балок холостого набора, приходящаяся на единицу площади секции, может быть определена по следующей формуле:

$$M_{х.н} = nm_{х.н}/s_к, \qquad (4)$$

где n — количество балок соответствующего набора в конструкции; $s_к$ — площадь конструкции в плане, м^2; $m_{х.н}$ — масса одной балки набора, т.

Приведенная масса рамного набора, приходящаяся на единицу площади секции в плане, определяется аналогично массе холостого набора:

$$M_{р.н} = nm_{р.н}/s_к, \qquad (5)$$

где $m_{р.н}$ — масса одной балки рамного набора, т.

Аналогично можно определить массу деталей насыщения:

$$M_{д.н} = \sum_1^n m_{д.н.п}/s_к, \qquad (6)$$

где $m_{д.н.п}$ — масса n-й детали насыщения (элемента), т.

Таким образом, можно получить основные параметры, определяющие характер организации производства как в плане синхронизации работы сборочно-сварочного и стапельного производств, так и в плане оптимизации производственно-логистической структуры верфи в целом. При этом становится очевидным, что при оптимизации схем движения материальных потоков один из базовых принципов организации производственного процесса — исключение противотоков перемещений материалов, грузоподъемных и напольных транспортных средств — не всегда является оправданным. Применительно, например, к цеховому крановому оборудованию данный принцип обеспечивает лишь около 60% эффективного использования фонда рабочего времени крана, ввиду того что с помощью крана грузы транспортируются лишь в одном направлении, а в обратном — кран перемещается «порожняком». Данная проблема не стоит остро, поскольку большинство существующих отечественных верфей спроектированы со значительным запасом производственных мощностей. Однако коэффициенты загрузки установленного в цехах дорогостоящего кранового оборудования весьма невелики. Таким образом, в повышении эффективности использования кранового оборудования видится существенный резерв для повышения эффективности работы верфи в целом.

Увеличение производственных мощностей верфи методом оптимизации соотношения производственных и складских площадей путем увеличения первых за счет уменьшения вторых влечет за собой увеличение нагрузки на крановое оборудование. В свою очередь, это может стать ограничивающим фактором при оптимизации производственных площадей. То есть оптимизация должна выполняться с учетом наличного грузоподъемного и транспортного оборудования и таким образом, чтобы не пострадала сложившаяся транспортная система цеха и всего производства.

По известной методике, изложенной в [1], удельный расчет количества кранов в цехе по категориям массы перемещаемых грузов выполняют по следующей формуле:

$$n_{к.э} = \frac{n_{с.э} n_с (t_ц n_ц + t_м)}{Ф_к k_к}, \qquad (7)$$

где $n_{с.э}$ — количество единиц груза, перемещаемых краном (в расчете на одно строящееся судно), ед.; $n_с$ — количество судов в расчетной годовой программе, ед.; $n_ц$ — среднее количество циклов работы крана при обработке одной единицы груза; $t_ц$ — продолжительность цикла одной крановой операции при установке единицы груза на строящееся судно, ч; $t_м$ — средняя продолжительность работы крана по установке единицы груза, ч; $Ф_к$ — действительный (расчетный) годовой фонд работы крана, ч; $k_к$ — коэффициент использования крана по времени.

Такая методика проектирования количества единиц кранового оборудования в цехе не отражает загруженность кранов в существующих цехах. Но если из той же формулы (7) выразить $k_к$, а вместо значений входящих в нее величин подставить значения применительно к изготавливаемой секции, получим:

$$k_к = \frac{n_э n_{сек} (t_{ц.сек} n_ц + t_{м.сек})}{Ф_к N_{к.о}}, \qquad (8)$$

где $n_э$ — количество элементов, устанавливаемых краном на секцию (элементы корпусных конструкций массой более 40 кг), ед; $n_{сек}$ — количество одновременно собираемых типовых секций, обслуживаемых одним краном, ед; $t_{ц.сек}$ — продолжительность цикла одной крановой операции при обработке одного элемента секции, ч; $t_{м.сек}$ — средняя продолжительность работы крана при монтаже одного элемента секции, ч.

Однако по данным [1] $k_к$ не может быть принят более 0,8. Анализ приведенных в указанном источнике данных по отношению к использованию кранового оборудования при постройке четырех танкеров дедвейтом по 150 000 т в год позволил получить зависимости времени крановых операций от массы груза $m_г$. Аналогичные зависимости, построенные на основе экспериментальных данных,

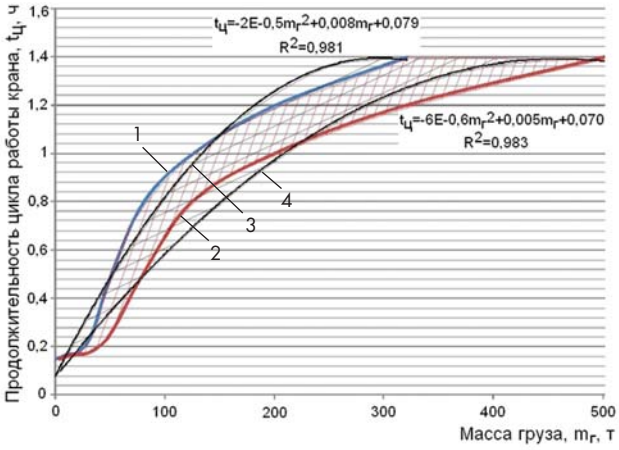


Рис. 3. **Зависимость времени выполнения крановых операций от массы перемещаемого груза:**
1 — верхний диапазон зависимости продолжительности цикла работы крана от массы груза; *2* — нижний диапазон зависимости продолжительности одного цикла работы крана от массы груза; *3* — полиномиальная (верхний диапазон зависимости продолжительности цикла от массы груза); *4* — полиномиальная (нижний диапазон зависимости продолжительности одного цикла от массы груза)

полученных авторами в ходе натурного эксперимента с изготовлением ряда типовых секций в условиях ОАО «Завод Нижегородский Теплоход», приведены на рис. 3. Штриховкой здесь выделена область эмпирических данных, используемых для аппроксимации. Математическая обработка полученных зависимостей позволяет получить функции, описывающие верхнюю и нижнюю границы пределов зависимостей времени выполнения грузовых операций от массы перемещаемого груза. Таким образом, верхнюю границу интервала зависимости с достоверностью $R^2 = 0{,}981$ можно описать полиномом второй степени

$$t_ц = -2E - 0{,}5m_г^2 + 0{,}008m_г + 0{,}079\ ,$$

а нижнюю, с достоверностью $R^2 = 0{,}983$ — также полиномом второй степени

$$t_ц = -6E - 0{,}6m_г^2 + 0{,}005m_г + 0{,}070\ .$$

Данные того же эксперимента позволили получить соответствующие степенные и полиномиальные зависимости между временем обработки краном единицы груза, временем работы крана при монтаже единицы груза и общего времени работы крана и массой груза (рис. 4).

Оптимизация соотношения производственных, вспомогательных и складских площадей путем сокращения сроков промежуточного хранения деталей и узлов и принудительного выравнивания ритмов изготовления типовых секций и применения бригадной формы организации производства, в принципе, позволяет создать оптимизационную модель производства. Однако важным условием при этом является точное определение численности основных производственных рабочих для каждого этапа изготовления секций.

При расчете численности производственного персонала определяющим параметром является трудоемкость изготовления продукции. Расчет трудоемкости выполнения работ по основным технологическим операциям, как правило, выполняется с применением различных измерителей трудоемкости (масса, погонная длина, площадь, периметр и др.). Для практических расчетов, несмотря на разницу в методических подходах к расчету трудоемкости, удобно, когда результаты расчетов имеют вид отношения нормированного или фактического времени на изготовление продукции, приходящегося на ее единицу либо на единицу ее массы.

По отношению к оптимизации сборочно-сварочного производства трудоемкость изготовления 1 т корпусных конструкций представляет собой величину, нормированную в рамках производственного участка или цеха. Поэтому в оптимизационной модели трудоемкость должна быть величиной постоянной. По действующим отраслевым методикам [3] в укрупненных расчетах численность производственного персонала (чел.) можно определять из следующего выражения:

$$m_{р.п} = T_{с.п}/(Ф_{р.д}k_з k_{п.н})\ , \qquad (9)$$

где $T_{с.п}$ — трудоемкость изготовления всех секций на годовую программу; $Ф_{р.д}$ — действительный расчетный годовой фонд времени рабочего, ч; $k_з$ — расчетный коэффициент загрузки оборудования для изготовления секций; $k_{п.н}$ — коэффициент переработки норм времени.

Однако формула (9) не удовлетворяет условиям решения оптимизационной задачи, так как не обеспечивает необходимую «гибкость» модели производства, — с ее помощью невозможно рассчитать численность производственного персонала на каждом этапе изготовления секции.

С учетом изложенного, необходима соответствующая адаптация данной формулы. Как представляется, при этом должны учитываться такт выпуска секций и масса типовой секции. Наиболее полно указанным условиям может отвечать зависимость следующего вида:

$$m_{р.п} = T_с/(t k_з k_{п.н})\ , \qquad (10)$$

где $T_с = \alpha G_{сек}$ — трудоемкость изготовления секции [2]; α — средняя удельная трудоемкость изготовления 1 т продукции [3]; $G_{сек}$ — масса одной секции, т; t — такт изготовления секции, ч; $k_з$ — расчетный коэффициент загрузки оборудования для изготовления секций; $k_{п.н}$ — коэффициент переработки норм времени.

Таким образом, используя данную формулу можно достаточно точно рассчитать численность основных производственных рабочих, необходимых на каждом этапе изготовления секции заданного типа и массы. То есть выражение (10) можно использовать для решения оптимизационных задач, в том числе при создании оптимизационной модели производства.

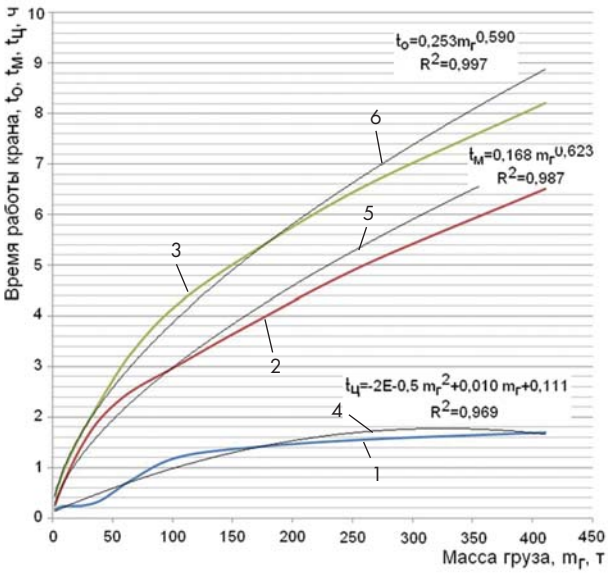


Рис. 4. **Зависимости времени работы крана от массы перемещаемого груза:**
1 — зависимость времени работы крана при обработке единицы груза от массы груза; *2* — зависимость времени работы крана при участии в монтаже от массы груза; *3* — зависимость общего времени работы крана от массы груза; *4* — полиномиальная (зависимость времени работы крана при обработке единицы груза от массы груза); *5* — степенная (зависимость времени работы крана при участии в монтаже от массы груза); *6* — степенная (зависимость общего времени работы крана от массы груза)

Литература

1. *Сырков А. К.* Справочник по технологическому проектированию судостроительных верфей и цехов. Л.: Судостроение, 1980.
2. Российский Речной Регистр. Правила (в 4-х томах). М.: Российский Речной Регистр, 2008.
3. *Баженов Н. Д., Горбунов Ю. В., Бурмистров Е. Г.* Технология постройки судов. Часть 5. Проектирование корпусных цехов: Справочные материалы/Под ред. проф. Ю. Г. Кулика. Н. Новгород: Изд-во ГОУ ВПО ВГАВТ, 2003.

ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛОСКИХ СЕКЦИЙ В СУДОСТРОЕНИИ

В. А. Никитин, канд. техн. наук (ОАО «ЦТСС»,
e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 629.5.024.081.4'22

Плоские секции — это многочисленная группа судовых корпусных конструкций, к которым относятся поперечные и продольные переборки, палубы, платформы, настилы, плоские части днищ и бортов. Их относительная конструктивная и геометрическая простота и высокий удельный вес среди корпусных конструкций судна обуславливают необходимость создания поточных линий изготовления, имеющих высокий уровень механизации/автоматизации. Активное создание таких линий в мировом судостроении началось в конце 60-х—начале 70-х годов прошлого столетия.

Технологическая схема изготовления плоской секции в соответствии с ОСТ5.9912-83 представлена на рис. 1.

Наиболее высокий уровень механизации/автоматизации изготовления плоских секций обеспечивает раздельный способ сборки и сварки набора обоих направлений (главного и перекрестного). Именно такой способ лежит в основе построения всех линий плоских секций. Современные высокопроизводительные линии состоят из ряда специализированных позиций, число которых может достигать десяти. Конфигурация линий плоских секций определяется необходимым уровнем механизации/автоматизации технологического процесса сборки. Общая длина линии зависит от числа позиций и размера секции (длины листа, из которого собираются секции) и для секций, собираемых из листа длиной 12 м, может достигать 200 м. В частности, длина линии плоских секций фирмы IMG в ОАО «Адмиралтейские верфи» составляет 120 м, в ОАО «Завод "Красное Сормово"» — 160 м, линии фирмы Pemamek в ООО «Балтийский завод—Судостроение» — 170 м. Проектная длина линии плоских секций фирмы IMG для ОАО «ДВЗ "Звезда"» для листа длиной 23 м составляет 313,5 м. Линия плоских секций фирмы IMG, разработанная для сборки панелей размерами 16x36 м на верфи Fincantieri (Италия) имеет длину 600 м. Наиболее распространенные длины листов, из которых собирается полотнище плоской секции, — 8, 10 и 12 м (отечественное судостроение) и 16 и 22 м (зарубежное судостроение).

Типовая линия плоских секций состоит из двух основных частей: участка изготовления непосредственно плоских секций с набором одного направления (панелей) и участка изготовления плоских «объемных» секций. Первая часть линии заканчивается изготовлением полотнища с установленным на нем набором главного направления. На второй части линии устанавливается высокий перекрестный набор и при необходимости секция закрывается вторым дном (бортом).

Несмотря на конструктивное разнообразие линий плоских секций, выпускаемых различными фирмами, общая схема их примерно одинакова, так как в основе лежит одинаковая технология изготовления (рис. 2).

Листы подаются на линию цеховыми кранами, оборудованными специальными траверсами. Траверсы имеют пространственный подвес, обеспечивающий разворот листа на угол до 270°, и выполняются на основе так называемых электропермaнентных зажимных систем, представляющих собой комбинацию перманентной и электромагнитной технологии. Такие системы имеют высокую безопасность с точки зрения независимости от электрической энергии. Даже при прекращении электропитания не происходит открепления транспортируемого листа. Для подачи листов на линию могут применяться также специальные листоукладчики.

На первой позиции линии формируются полотнища из отдельных листов путем стыковой сварки под флюсом. Сварка может быть односторонней с обратным формированием шва без кантования или двусторонняя с кантованием. Распространение получили обе технологии. Односторонняя сварка экономит время на кантование полотнища и

Рис. 1. **Технологическая схема изготовления плоской секции**

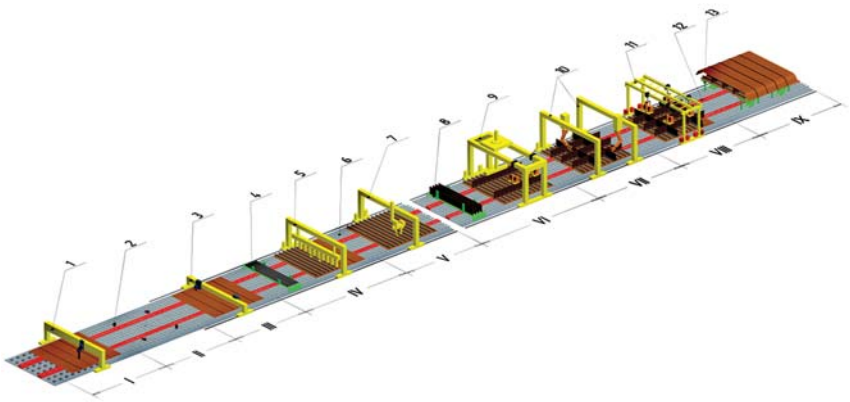


Рис. 2. **Типовая схема линии плоских секций**

I — позиция стыковой сварки полотнища; *II* — позиция кантования и разворота полотнища; *III* — позиция контуровки, разметки, зачистки и маркирования полотнища; *IV* — позиция установки и прихватки набора главного направления; *V* — позиция приварки набора главного направления; *VI* — позиция установки перекрестного набора; *VII* — позиция роботизированной сварки перекрестного набора; *VIII* — позиция сварки перекрестного набора полуавтоматами; IX — позиция установки наружной обшивки, контроля и отгрузки

1— портал односторонней стыковой сварки полотнищ; *2* — кантователь и устройство для разворота полотнища; *3* — машина контуровки, разметки, зачистки и маркирования полотнища; *4* — кассета набора главного направления; *5* — портал установки и прихватки набора главного направления; *6, 12* — напольная транспортная система; *7* — портал сварки набора главного направления; *8* — кассета перекрестного набора; *9* — портал установки перекрестного набора; *10* — портал роботизированной сварки перекрестного набора; *11* — сервисный портал сварки перекрестного набора; *13* — гидроподъемник

затраты на создание технических средств кантования и не требует высоких производственных помещений, но предъявляет жесткие требования к процессу и техническим средствам сварки, особенно к качеству подготовки свариваемых кромок (зазор в стыке листов не более 1,5 мм). Односторонняя сварка выполняется на неподвижных порталах с электромагнитным, вакуумным или гидравлическим прижимом листов к стенду с флюсомедной подкладкой.

Двусторонняя сварка осуществляется на весу подвижным порталом. Современные порталы могут выполнять одностороннюю сварку полотнищ длиной до 22 м и толщиной от 5 до 35 мм. При этом возможна стыковая сварка листов разной толщины. Первая позиция — частично автоматизированная. Позиционирование листов, предварительную прихватку и приварку выводных планок выполняет оператор, стыковая сварка производится в автоматическом режиме. Параметры сварки устанавливает оператор на пульте управления. Слежение за стыком может выполняться вручную оператором (открытый однобалочный портал), а может быть автоматизировано за счет применения оптической системы триангуляционного типа. Портал односторонней сварки может содержать устройство для фрезерования стыкуемых кромок. Процессом формирования полотнища управляет один оператор.

При двусторонней сварке полотнище после сварки с одной стороны кантуется на второй позиции и подается назад напольной транспортной системой линии. Сварка с обратной стороны выполнятся порталом первой позиции. На второй позиции можно развернуть полотнище на угол 90°, если по конструктивным требованиям необходима установка набора главного направления поперек стыковых швов.

На третьей позиции осуществляется контуровка полотнища, зачистка мест установки набора, разметка линий установки набора и маркирование. Контуровка выполняется, как правило, по двум-трем сторонам полотнища. Для контуровки применяется газовая или плазменная резка. Здесь же возможна резка кромок со скосом для последующей стыковки со смежными конструкциями. В случае применения плазменной резки необходимо оборудование позиции фильтровально-вентиляционной установкой с вытяжным столом для удаления вредных газов. Применение газовой резки не требует такой установки ввиду незначительности объема резки. Места установки набора зачищаются абразивным способом либо с применением дробеструйной обработки. Разметка выполняется плазмой, маркирование — чернилами.

Перечисленные операции выполняются широкопортальной многофункциональной машиной термической резки. Процесс полностью автоматизирован, информация о выполняемых операциях может поступать с верхнего уровня управления. На этой позиции завершается подготовка полотнища под установку набора.

На четвертой и пятой позициях устанавливается и приваривается набор главного направления. Здесь возможны следующие варианты: установка набора с предварительной прихваткой (см. рис. 2) или без прихватки. В первом варианте набор захватывается из кассеты подвижным порталом установки набора, перемещается на линию разметки, позиционируется, прижимается к полотнищу и прихватывается с двух сторон к полотнищу электросваркой. При этом одновременно с прижимом набора сверху гидроцилиндрами полотнище подтягивают к набору электромагнитами. Набор захватывается из кассеты в автоматическом режиме, позиционирование набора на линии разметки выполняется в режиме ручного управления портала оператором. В ряде случаев требуется ручное вмешательство оператора для корректировки положения набора относительно линии разметки. Все дальнейшие операции по прихватке набора автоматизированы. Параметры электроприхваток и шаг их установки программируются оператором с пульта управления. В высокопроизводительных линиях прихватка может выполняться одновременно по всей длине набора главного направления (например, в линии фирмы HanJoong). После установки всего комплекта набора главного направления полотнище перемещается на следующую позицию линии, где набор приваривается к полотнищу. Этот вариант установки набора имеет наибольшее распространение в линиях плоских секций.

Во втором варианте набор в автоматическом режиме подается перегружателем (специальное устройство портального типа с кассетой

набора) под неподвижный сварочный портал, позиционируется по линии разметки, прижимается и приваривается к полотнищу. Позиционирование набора и сварочного портала выполняется оператором в ручном режиме управления, сварка — в автоматическом режиме.

Набор сваривается с полотнищем в защитном газе или под флюсом. В зависимости от длины полотнища сварка одного элемента набора может выполняться двумя каретками (двумя парами сварочных горелок) одновременно (например, от центра к краям). В высокопроизводительных линиях применяется групповая приварка набора, например, шести полособульбов одновременно, каждый двумя парами сварочных горелок (на верфях Южной Кореи и Японии). Слежение сварочных головок за стыком осуществляется специальными датчиками. Оператор выполняет только предварительное позиционирование сварочных горелок. Сварочный портал имеет высокую степень автоматизации и управляется одним оператором, который программирует на пульте управления параметры сварки. Автоматически выполняются как непрерывные, так и прерывистые швы. Позиция сварки оборудуется, как правило, устройством предварительного (обратного) выгиба полотнища для снижения сварочных деформаций. Устройство применяется при приварке набора к полотнищу толщиной до 12 мм.

Набор подается на линию в кассетах, в которых размещается в порядке его установки на полотнище. Как правило, кассета располагается поперек линии и может быть подвижной или неподвижной. Подвижная кассета как бы следует за порталом установки набора по мере его продвижения для сокращения времени переноса набора от кассеты до места его позиционирования (первый вариант установки).

На шестой позиции устанавливается высокий перекрестный набор. Здесь же могут устанавливаться микропанели, например переборки. Высота собираемых конструкций может достигать 4 м и более. Набор подается цеховым краном в кассетах. Механизированная установка набора выполняется специализированными порталами, имеющими манипулятор для захвата набора из кассеты, переноса его к месту установки на секции, ориентирования, позиционирования на линии разметки и прижима к полотнищу. Портал содержит также устройство подтяжки полотнища к набору по закрытой схеме. При этом полотнище подтягивается, как правило, электромагнитами либо захватом за ранее установленный набор. Портал имеет в своем составе комплект сварочного оборудования для прихватки устанавливаемого набора к полотнищу и между собой. Оборудование располагается в контейнерах, перемещающихся по мосту портала. Кроме того, портал имеет точки подключения сжатого воздуха для работы пневмоинструмента, точки подключения горючего газа и кислорода для подрезки элементов конструкции в процессе сборки. Все операции по установке набора механизированы и выполняются при ручном управлении портала оператором. Обслуживающий персонал — один—два оператора. Автоматическая установка перекрестного набора до настоящего времени не реализована.

Различные конфигурации линии плоских секций в зависимости от уровня механизации/автоматизации (на основе данных фирмы Pemamek)

Позиция	Операция, выполняемая на позиции	Уровень механизации/автоматизации			
		Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4
I	Стыковая сварка полотнища	—	+	+	+
II	Кантование и разворот полотнища	—	—	+	+
III	Контуровка, разметка, зачистка и маркирование полотнища	—	—	+	+
IV	Установка и прихватка набора главного направления	+*	+*	+	+
V	Приварка набора главного направления	+	+	+	+
VI	Установка перекрестного набора	—	+*	+*	+
VII	Роботизированная сварка перекрестного набора	—	—	—	+
VIII	Ручная сварка перекрестного набора полуавтоматами	+	+	+	+
IX	Установка наружной обшивки, контроль и отгрузка	—	—	+	+

Примечание: «—» — позиция не содержит специализированного оборудования; «+» — позиция содержит специализированное оборудование; «+*» — позиция содержит специализированное оборудование сервисного типа.

На седьмой и восьмой позициях перекрестный набор сваривается между собой и с полотнищем. Эта позиция связана с наиболее трудоемкими работами и является, как правило, определяющей в пропускной способности линии. В приведенной схеме на седьмой позиции выполняется роботизированная сварка перекрестного набора, а на восьмой — сварка набора полуавтоматами с использованием сервисного портала. Механизированный вариант заключается в применении так называемых сервисных сварочных порталов, несущих сварочные полуавтоматы и обеспечивающих подачу всех энергоносителей в зону сварки. Все сварочное оборудование размещено в контейнерах, перемещающихся по сервисному порталу. Сервисный портал имеет перемещение вдоль линии. Каждый контейнер имеет индивидуальное радиоуправление и может перемещаться в свою зону сварки. Число контейнеров, расположенных на сервисном портале, зависит от размера секции и в известных схемах линий составляет от 6 до 16 ед. Это наиболее распространенный вариант сварки перекрестного набора. Сервисный портал также имеет точки подвода горючего газа и кислорода. В контейнерах со сварочным оборудованием расположены также устройства отсоса вредных сварочных газов.

Автоматизированный вариант заключается в применении роботизированной сварки. Несущей конструкцией для роботов является также портал. При этом возможны два варианта перемещения сварочных роботов. В первом варианте портал выполняет транспортные функции, опуская роботы в определенные ячейки свариваемой конструкции, и обеспечивает подвод энергоносителей к роботам, аналогично сервисному сварочному порталу. Каждый сварочный робот имеет шесть степеней подвижности. Роботы занимают напольное положение, а базой для

них является сама свариваемая конструкция. Во втором варианте роботы находятся в потолочном положении, а базой для роботов является портал. В этом случае общее число программируемых степеней подвижности каждого сварочного робота достигает девяти (шесть собственных степеней подвижности робота и три степени подвижности портала). На портале может располагаться от двух до десяти роботов в зависимости от размеров свариваемой секции. Однако наличие роботизированной сварки перекрестного набора не исключает, как правило, позиции с сервисным сварочным порталом, где свариваются швы, плохо поддающиеся автоматизации (сложная конфигурация, пересечения и т. п.).

На девятой позиции устанавливают наружную обшивку (второй борт) и временные подкрепления, контролируют и отгружают готовые секции напольным автотранспортом. Для отгрузки секция поднимается специальными гидроподъемниками, под нее подводится автотранспортная платформа, секция опускается на платформу и отвозится.

Необходимо отметить, что сварка набора с вторым дном/бортом выполняется в неблагоприятных условиях замкнутых объемов. Для автоматизации этой операции применяются специальные роботы для сварки в замкнутых объемах.

От позиции к позиции секции перемещаются напольным транспортным оборудованием. Набор главного и перекрестного набора подается в кассетах, скомплектованных до подачи на линию. Напольное транспортное оборудование на участке сборки панелей выполняется в виде цепных транспортеров, на участке сборки объемных секций могут применяться специальные тактовые тележки большой грузоподъемности.

Рассмотренная схема основана на максимально глубокой дифференциации операций по изготовлению плоских секций и позволяет получить максимально высокий уровень механизации/автоматизации.

Как указывалось выше, возможно исключение некоторых операций или их совмещение, что в ряде случаев экономически более целесообразно. Например, на первой позиции вместо специализированного портала стыковой сварки возможно применение обычного сварочного автомата тракторного типа. Вторая позиция может отсутствовать, если кантование и разворот полотнища не требуются. Если листы на линию поступают контурованными в размер (с учетом будущих сварочных деформаций), третья позиция также может отсутствовать. Седьмую позицию (роботизированная сварка перекрестного набора) также можно исключить. Ее функции может выполнять восьмая позиция в случае увеличения числа сварочных аппаратов на сервисных порталах. Такой вариант в настоящее время является более распространенным. Вместо высокомеханизированного/автоматизированного оборудования может применяться более простое сервисное оборудование, обеспечивающее подачу в зону производства работ специализированной оснастки и инструмента, например сервисный портал для установки набора главного направления. Напольное транспортное оборудование для перемещения объемных секций и гидроподъемник в конце линии могут отсутствовать, если цеховый кран имеет достаточную грузоподъемность для перемещения собранной объемной секции.

Минимальная конфигурация линии плоских секций может состоять из пяти позиций: стыковой сварки полотнища трактором, установки набора главного направления с порталом сервисного типа, сварки набора главного направления, установки перекрестного набора и его сварки.

В таблице представлены четыре варианта конфигурации линии плоских секций в зависимости от требуемого уровня механизации/автоматизации. Наиболее низкий уровень имеет первая конфигурация, наиболее высокий — четвертая. Все конфигурации, как указывалось выше, основаны на раздельной установке набора главного направления и перекрестного набора. Совмещение установки набора главного направления и перекрестного набора еще более сократит длину линии плоских секций. Такая схема имеет место, в частности, при сборке микропанелей (малогабаритных плоских секций).

В некоторых случаях производственные площади не позволяют размещать линию в одну непрерывную ветку, что требует ее разрыва и более сложной конфигурации. Например, вторая часть линии, где выполняется сборка объемных секций, может выполняться в виде двух параллельных веток, что сокращает длину линии и позволяет увеличить ее пропускную способность.

В последние годы в линиях плоских секций находят все более широкое применение лазерные технологии резки и сварки. В основе такой технологии лежит использование волоконного лазера. Преимущества лазерной технологии, заключающиеся в низком тепловложении, позволяют существенно снизить тепловые деформации судовой корпусной конструкции, что, в свою очередь, резко снижает трудоемкость правки. В частности, стыковая сварка полотнищ и приварка набора главного направления к полотнищу могут выполняться лазерно-дуговым методом. По данным фирмы IMG, такая технология сварки листов толщиной до 20 мм и приварки набора главного направления (верфь Fincantieri) практически исключила тепловые деформации. Указанная технология особенно эффективна при сварке тонких листов с часто устанавливаемым набором главного направления (например, при строительстве круизных судов).

Так как плоские секции, собираемые на линии, имеют конструктивные отличия и могут различаться по размерам, технические средства сборки несмотря на их специализацию должны иметь определенную универсальность, позволяющую адаптироваться к тем или иным конструктивным отличиям объекта сборки.

Заключение. 1. Опыт применения на отечественных предприятиях судостроения линий плоских секций разработки зарубежных фирм, а также отечественные разработки 70-х годов прошлого столетия позволяют создавать отечественные линии плоских секций нового поколения.

2. С целью эффективной адаптации к различным производствам целесообразна разработка линий плоских секций различных конфигураций, имеющих различный уровень механизации/автоматизации.

СОВРЕМЕННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОВКИ ВАЛОПРОВОДОВ

К. Н. Морозов (ОАО «ЦТСС», e-mail: inbox@sstc.spb.ru),
Д. В. Усманов (ООО «Ритм-софт»)

УДК 629.5.024

Высококачественная центровка главных механизмов судовых энергетических установок и валопроводов обеспечивает длительную безотказную работу движительного комплекса, а быстрый и качественный монтаж механизмов и валопроводов на судне снижает общую трудоемкость строительства.

Расчет технологических параметров центровки — неотъемлемая часть документации, разрабатываемой при строительстве судна. Определенные в ходе расчета значения нагрузок на подшипники напряжения в валах и параметры упругой линии напрямую влияют на надежность движительного комплекса в период эксплуатации судна. Для проведения таких расчетов разработаны специализированные программы, которые используются в ряде классификационных обществ, а также в организациях, занимающихся проектированием и изготовлением движительных комплексов.

Вместе с тем применяемые в настоящее время методики расчета технологических параметров центровки (в том числе и заложенные в специализированные программы) часто базируются на рекомендациях специализированных стандартов [1—3] и в некоторых случаях не соответствуют современным требованиям по точности и качеству получаемых результатов.

Для расчетов технологических параметров центровки судовых валопроводов ОАО «ЦТСС» разработан специализированный программный комплекс «Валопровод», имеющий собственный интерфейс ввода—вывода данных и отображения трехмерной модели валопровода (рис. 1). В качестве расчетного модуля использован комплекс общеинженерного конечно-элементного анализа ANSYS, имеющий широкие возможности по прочностному анализу конструкций. При наличии исчерпывающих исходных данных о нагрузках и геометрических параметрах элементов валопровода в программе можно рассчитать валопровод практически любой сложности.

Расчет технологических параметров центровки валопровода начинается с составления расчетной схемы (по чертежам валопровода), которая учитывает: геометрические параметры элементов валопровода; свойства материала валов, гребного винта и антифрикционных вкладышей подшипников; внешние нагрузки и моменты, действующие на валопровод; положение подшипников относительно теоретической оси валопровода; параметры подшипников валопровода; погружение части валопровода в воду.

В программу расчетная схема вводится элементами с постоянны-

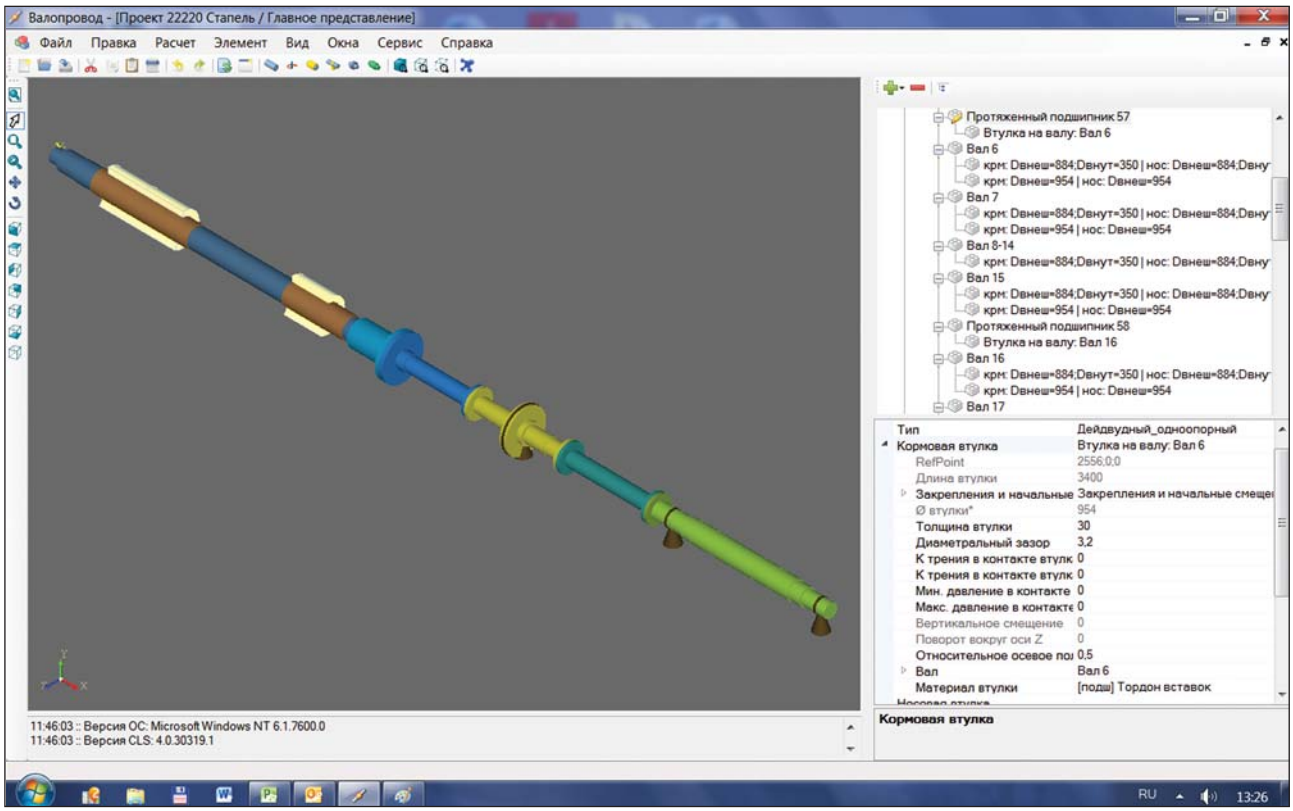


Рис. 1. **Интерфейс программного комплекса «Валопровод»**

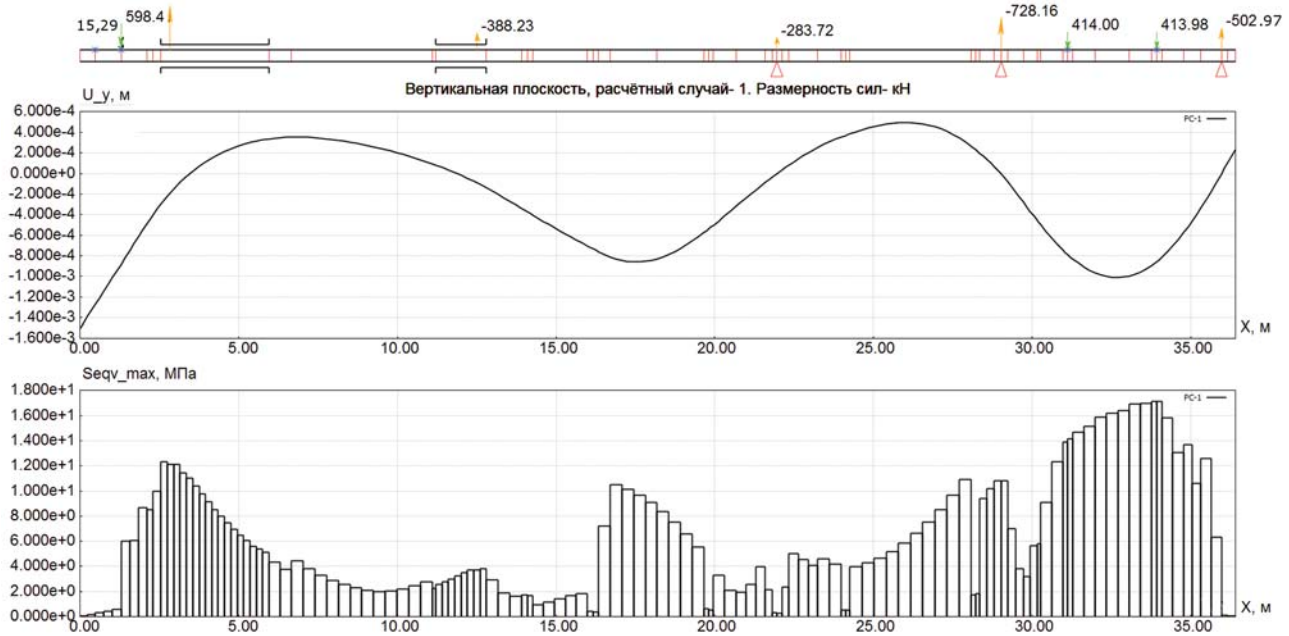


Рис. 2. **График упругой линии валопровода и эпюра максимальных эквивалентных напряжений в валах**

ми геометрическими свойствами и нагрузками. Свойства материалов элементов валопровода и окружающей среды вводятся из встроенной библиотеки материалов.

После формирования расчетной модели валопровода программа формирует файл базы данных ANSYS и запускает программу ANSYS в пакетном режиме.Время проведения одного расчета составляет 1—10 мин в зависимости от сложности расчетной схемы. После расчета программа формирует файлы результатов в отдельной папке проекта. Программа позволяет работать с одним проектом при различных состояниях, например: при нахождении судна на стапеле и на воде, при движении порожнем и в грузу и т. д. Различные состояния (представления) создаются в дереве проекта, результаты расчетов всех представлений можно выводить совместно.

Результаты расчетов, отображаемые в виде графиков и эпюр, а также трехмерных изображений распределения контактных давлений во вкладышах протяженных подшипников гребного вала (рис.2, 3), позволяют оценить:

✓ напряжения в валах (нормальные, касательные, эквивалентные);

✓ параметры упругой линии валопровода (прогиб, угол поворота сечений);

✓ распределение давления по поверхности контакта вала и вкладыша протяженного подшипника.

После анализа результатов расчета проводится оптимизация параметров центровки. Целями оптимизации являются:

— обеспечение требований поставщиков подшипников, редукторов и главных двигателей в части центровки и монтажа этих агрегатов;

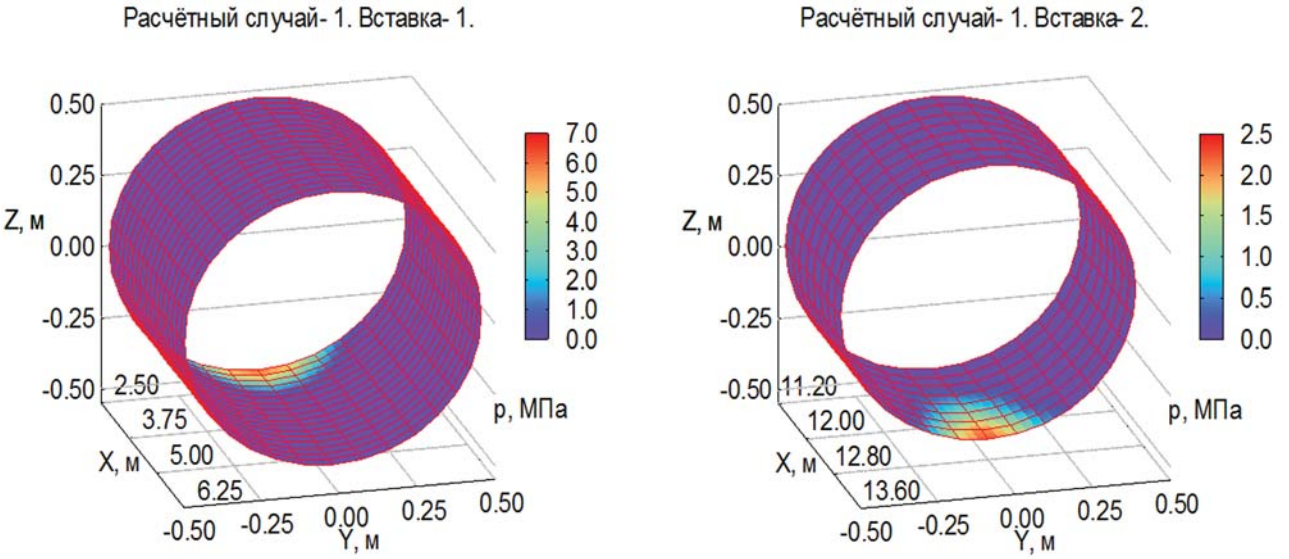


Рис. 3. **Распределение контактных давлений во вкладышах протяженных подшипников**

— получение оптимальных напряжений в валах;

— получение равномерного распределения контактных давлений во вкладышах подшипников гребного вала.

Оптимизация осуществляется путем изменения положения опор валопровода.

В программе реализована возможность автоматической оптимизации контактных давлений во вкладышах протяженных подшипников гребного вала. При запуске режима оптимизации выполняется автоматический разворот протяженных подшипников в соответствии с естественным изгибом валопровода.

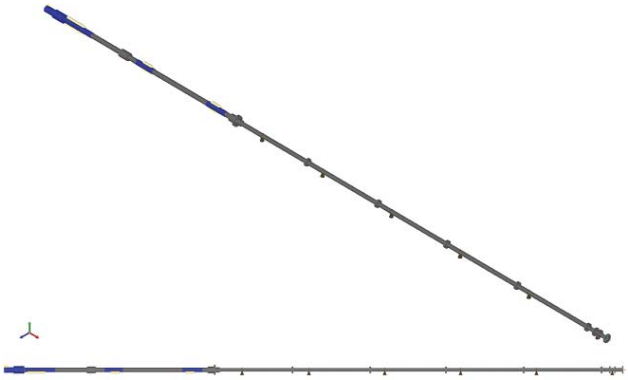


Рис. 4. **Модель валопровода, имеющего три протяженные опоры (втулка подшипника кронштейна, кормовая и носовая втулки дейдвудного устройства) и шесть промежуточных опор (пять опорных и один упорно-опорный подшипник)**

Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) используется метод конечных элементов в реализации пакета конечно-элементного анализа ANSYS [4—8].

В общем случае расчетная модель представляет собой совокупность балочных, твердотельных и контактных конечных элементов. Характеристики поперечных сечений валопровода, представленных балочными элементами, определяются также методом конечных элементов, при дискретизации сечения на двумерные конечные элементы на основе геометрии сечения и свойств материалов, составляющих его слоев.

Поиск равновесного состояния валопровода выполняется с учетом геометрической нелинейности (обусловленной значительными перемещениями и поворотами сечений) и нелинейности, связанной с контактом. Для равновесного состояния определяются реакции в опорах и внутренние силовые факторы в материале валопровода, напряжения в контакте вал—втулка протяженного подшипника.

Рассчитываются как истинные напряжения, так и условные, принятые в балочной теории (максимальные значения нормальных напряжений от изгибающих моментов и максимальные значения касательных напряжений от перерезывающих сил).

Использование для расчета параметров напряженно-деформированного состояния валопровода метода конечных элементов в трехмерной реализации с учетом контакта в протяженных подшипниках позволяет повысить точность расчетов валопровода в условиях эксплуатации (действие гидродинамических сил и моментов со стороны гребного винта, деформации корпуса, износ подшипников и т. д.).

Согласно [1—3] при расчете НДС валопровода в условиях максимального износа подшипников и в случае необходимости учета деформаций корпуса судна используются коэффициенты влияния, определяемые по формуле

$$k_{i,j} = \Delta F_{i,j}, \qquad (1)$$

где $k_{i,j}$ — коэффициент влияния на j-ю опору перемещения i-й опоры, Н (или Н/мм); $\Delta F_{i,j}$ — изменение силы реакции j-й опоры при перемещении i-й опоры.

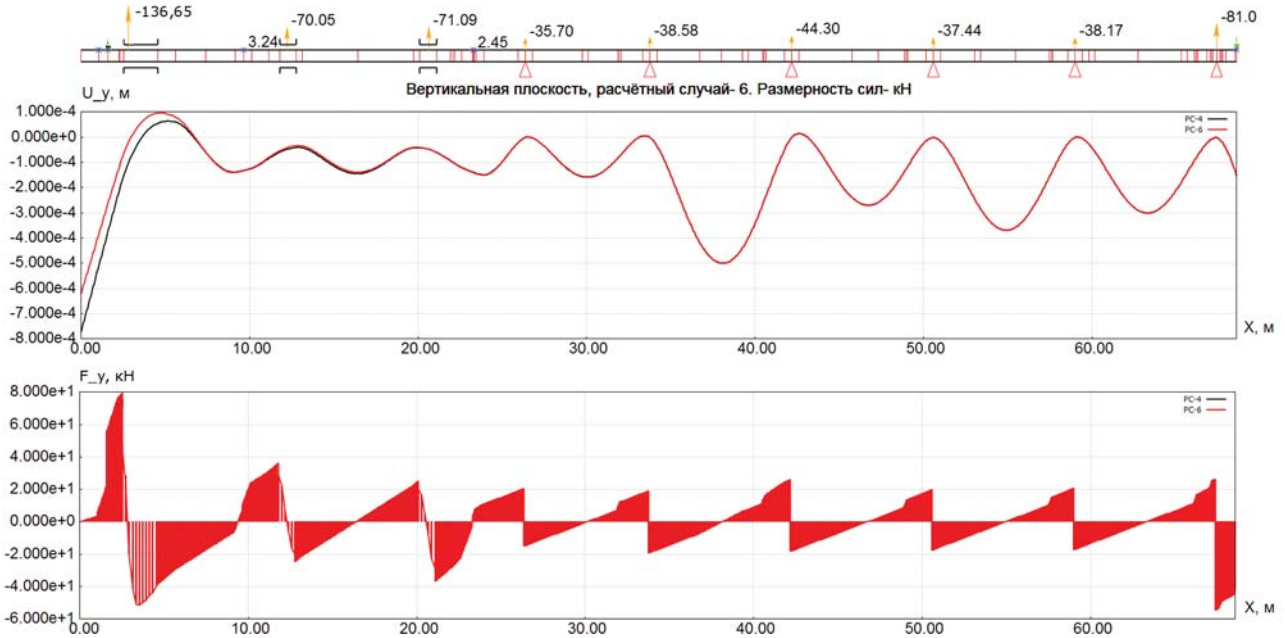


Рис. 5. **Сравнение результатов расчета НДС валопровода (вертикальные смещения сечений валопровода и перерезывающая сила в вертикальной плоскости) в вертикальной плоскости, выполненного в двумерной (РС-4) и в трехмерной постановке (РС-6)**

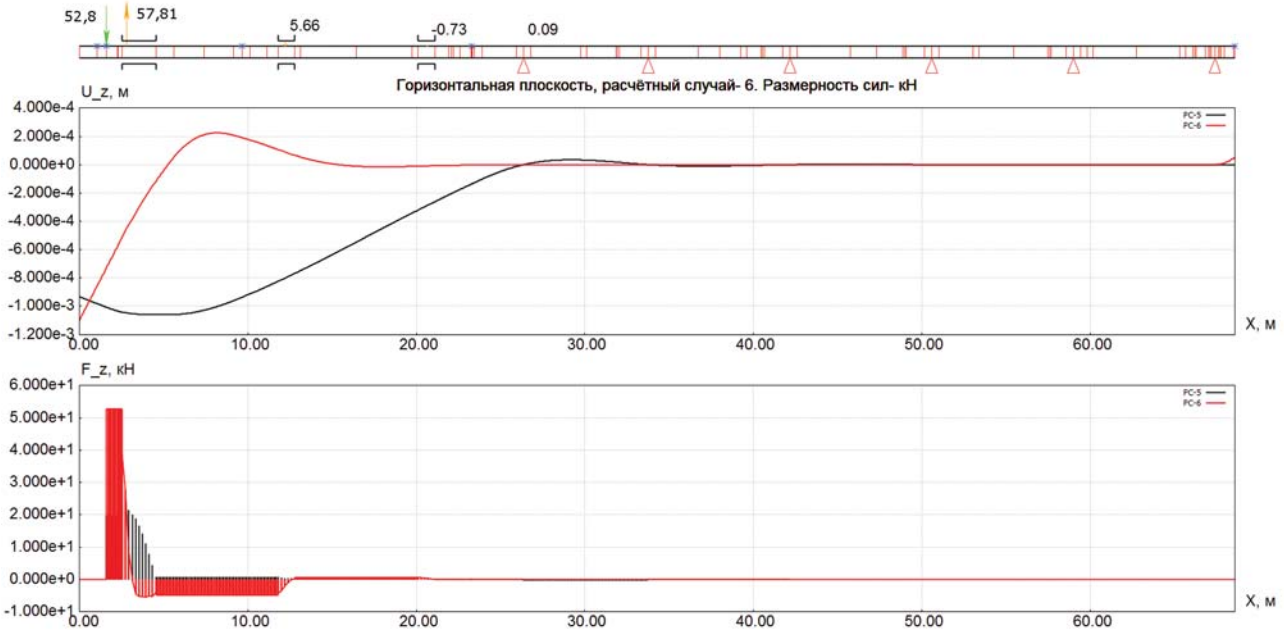


Рис. 6. **Сравнение результатов расчета НДС валопровода (горизонтальное смещения сечений валопровода и перерезывающая сила в горизонтальной плоскости) в горизонтальной плоскости, выполненного в двумерной (PC-5) и в трехмерной постановке (PC-6)**

Величина смещения	Величина коэффициента влияния перемещения опор $k_{i,i}$, кН/мм								
	$k_{i,1}$	$k_{i,2}$	$k_{i,3}$	$k_{i,4}$	$k_{i,5}$	$k_{i,6}$	$k_{i,7}$	$k_{i,8}$	$k_{i,9}$
Смещение опоры № 3 на 1 мм	3811,4	–13951,0	23136,0	–15609,0	3197,0	–738,0	195,1	–56,4	14,4
Смещение опоры № 3 на 2 мм	4429,2	–14284,0	22702,0	–15444,0	3177,4	–733,5	193,9	–56,1	14,3
Относительная разница коэффициентов влияния, %	15,0	2,35	1,90	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Смещение опоры № 3 на 3 мм	4759,1	–14340,0	22324,0	–15329,0	3163,9	–730,4	193,1	–55,8	14,2
Относительная разница коэффициентов влияния, %	22,10	2,75	3,60	1,80	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Смещение опоры № 4 на 1 мм	–940,7	5258,2	–15201,0	15037,0	–5662,6	1903,6	–503,25	145,5	–37,1
Смещение опоры № 4 на 2 мм	–967,9	5577,3	–14432,0	13841,0	–5497,4	1865,5	–493,2	142,6	–36,3
Относительная разница коэффициентов влияния, %	2,85	5,90	5,20	8,30	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Смещение опоры № 4 на 3 мм	–972,8	5712,3	–13921,0	13115,0	–5394,0	1841,6	–486,9	140,7	–35,9
Относительная разница коэффициентов влияния, %	3,35	8,30	8,80	13,65	4,90	3,30	3,30	3,30	3,30
Смещение опоры № 7 на 1 мм	6,907	–38,0	195,6	–509,4	145,6	–330,8	439,9	–533,2	134,9
Смещение опоры № 7 на 2 мм	6,904	38,0	195,6	–509,4	145,6	–330,8	439,9	–533,2	134,9
Относительная разница коэффициентов влияния, %	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Смещение опоры № 7 на 3 мм	6,893	–37,966	195,54	–509,3	145,6	–330,8	439,9	–533,2	134,9
Относительная разница коэффициентов влияния, %	0,20	0,10	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Весь набор коэффициентов влияния определяется путем последовательного смещения каждой из опор относительно соосного положения на 1 мм [1] при нахождении остальных опор в соосном положении. Такой подход применим для расчета НДС валопровода при относительно небольших смещениях опор и при пренебрежении нелинейностью, связанной с контактом в протяженных опорах.

В качестве примера недостаточной точности указанного подхода сравним результаты расчетов коэффициентов влияния, выполненных с его использованием, а также с использованием программного комплекса «Валопровод» для валопровода, имеющего три протяженные и шесть промежуточных опор (рис. 4). Опоры пронумерованы от втулки кронштейна (№ 1) до упорно-опорного подшипника (№ 9).

Результаты расчетов коэффициентов влияния при смещении 3-й, 4-й и 7-й опор на 1, 2, и 3 мм, а также отличие коэффициентов влияния, рассчитанных при смещении опор на 2 и 3 мм, от рассчитанных при смещении на 1 мм, приведены в таблице.

Как видно из таблицы, если смещаемые опоры находятся «на удалении» от протяженных опор, вносящих нелинейность, то результаты

расчетов валопровода в условиях эксплуатации будут иметь достаточно высокую точность. В случае же, если смещаемыми опорами являются протяженные опоры валопровода или ближайшие к ним промежуточные опоры, точность расчетов валопровода в условиях эксплуатации по стандартным методикам будет недостаточной.

В случае действия на валопровод гидродинамических сил и моментов со стороны гребного винта в [1, 2] предлагается методика расчета валопровода отдельно в вертикальной и горизонтальной плоскостях, без учета взаимного влияния силовых факторов, действующих в этих плоскостях, на деформацию валопровода (двумерная постановка). Программный комплекс «Валопровод» позволяет выполнять расчет при произвольно ориентированных относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей силовых факторах (трехмерная постановка). Сравнение результатов расчета деформации валопровода в двумерной и трехмерной постановках (рис. 5, 6) показывает, что гидродинамические силы и моменты от гребного винта в вертикальной плоскости относительно невелики по сравнению с силовыми факторами обусловленными весом валопровода, поэтому отличие в деформации незначительное.

Расчет же в горизонтальной плоскости в двумерной и трехмерной постановке приводит к совершенно разным результатам. Расчет в трехмерной постановке более адекватно отражает деформированное состояние валопровода.

В настоящее время программный комплекс «Валопровод» проходит согласование в Российском морском регистре судоходства.

Литература

1. ОСТ5.4368-81. Валопроводы судовых движительных установок. Монтаж. Технические требования, правила приемки и методы контроля. 1981.
2. ОСТ15-335-85. Валопроводы судовые. Центровка на ремонтируемых судах. Технические требования и типовые технологические процессы. Таллин: Центральный конструкторско-технологический институт судоремонта (ЦКТИС) МРХ СССР, 1985.
3. Правила классификации и постройки судов. Т. 2. СПб.: Российский морской регистр судоходства. 2013.
4. *Ковалев И. В., Матвеев С. А., Куклин О. С.* Перспективы использования компьютерного моделирования при создании гибочно-правильного оборудования нового поколения//Судостроение. 2004. № 3.
5. *Матвеев С. А., Мамутов В. С., Иванов К. М.* Возможности конечно-элементного анализа при решении технологических задач обработки металлов давлением//Металлообработка. 2003. № 1.
6. Release 11.0 Documentation for ANSYS. ANSYS Inc., 2007.
7. *Johnson C.* Numerical solution of partial differential equations by the finite element method (1987).
8. *Cook Robert Davis.* Finite element modeling for stress analysis/Robert D. Cook. p. cm. Includesindex (1994).

ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ АПЛ С ПОВРЕЖДЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

К. Н. Куликов, канд. техн. наук, **М. Т. Ледин, С. В. Добровенко, М. В. Медников, А. М. Мишнёв, И. А. Мокеев** (ОАО НИПТБ «Онега»), **С. А. Петров,** докт. техн. наук, **А. С. Тазов,** докт. техн. наук (НИИ КиВ ВМФ, e-mail: vunc-vmf-3fil@mil.ru)

УДК 623.827:656.612.5

За последние два десятилетия предприятия судостроительной отрасли накопили огромный опыт утилизации атомных подводных лодок (АПЛ), выведенных из состава ВМФ. Для этой цели на предприятиях была создана уникальная инфраструктура комплексной утилизации АПЛ с ядерными энергетическими установками всех типов.

ОАО НИПТБ «Онега» совместно с ведущими проектными бюро судостроения России был разработан ряд принципиальных технологий утилизации АПЛ разных проектов и для разных заводов, предусматривающих: подготовку АПЛ к утилизации (расхолаживание реактора); выгрузку из реакторов АПЛ ядерного топлива; вырезку реакторного отсека (РО) и формирование трехотсечного блока; разрезку носовой и кормовой оконечностей АПЛ на металлолом.

Разработанные принципиальные технологии утилизации АПЛ соответствуют российским и международным требованиям безопасности, обеспечивают радиационную безопасность и минимизируют негативное воздействие на окружающую среду.

Тем временем на Тихоокеанском флоте ожидали утилизацию аварийные АПЛ, выгрузка топлива из которых и их последующая утилизация в ближайшей перспективе не могли быть выполнены.

Первый шаг к решению проблемы утилизации аварийных АПЛ был сделан ОАО НИПТБ «Онега» в 1998 г., когда в рамках проведенной НИР «Саркофаг» бюро предложило один из способов утилизации аварийных АПЛ. Следующим шагом была разработка комплекта организационной и технологической документации по утилизации аварийных АПЛ пр. 675, зав. № 175, и пр. 671, зав. № 610, выполненная в 2010—2011 гг. в рамках государственного заказа (рис. 1).

К моменту разработки комплекта документов техническое состояние аварийных АПЛ было следующим.

АПЛ пр. 675 (зав. № 175) была принята в эксплуатацию в сентябре 1965 г. Ядерная установка АПЛ состояла из двух водоводяных реакторов типа ВМ-А, расположенных вдоль диаметральной плоскости. АПЛ классифицировалась как аварийная, так как на ней не были устранены последствия радиационной аварии, произошедшей в августе 1985 г. В результате спонтанной цепной реакции в носовом реакторе, приведшей к тепловому взрыву и пожару в реакторном отсеке (РО), были разрушены внутриреакторные конструкции и аппаратные выгородки, радиоактивные материалы были выброшены из реактора не только в помещения РО, на внешние конструкции АПЛ, но и на прилегающую территорию ФГУП «30 СРЗ» МО РФ. Кормовой реактор не был поврежден, в нем сохранилось свежезагруженное ядерное топливо. Реактор был заполнен теплоносителем, на него установлена и уплотнена штатная крышка. После аварии его вывели из действия в штатном режиме по документации проектанта паропроизводящей установки (ППУ).

Прочный корпус АПЛ оставался негерметичным из-за незаваренного съемного листа РО и трещины на прочном корпусе с левого борта. После аварии лодка была отбуксирована в бухту Павловского Приморского края и хранилась на плаву. Радиационные обследования показывали, что уровни излучений в РО снижались, но по-прежнему оставались крайне опасными. Вследствие этого выполнение работ по подготовке и выгрузке ядерного топлива из кормового реактора АПЛ в ближайшей перспективе было невозможно.

АПЛ пр. 671 (зав. № 610) эксплуатировалась с 1972 г. Она имела две ППУ типа ОК-300, расположенные побортно. В декабре 1985 г. при расхолаживании реактора левого борта в результате утечки теплоносителя первого контура произошло осушение реактора, приведшее к сильному разрушению (частичному расплавлению) тепловыделяющих элементов активной зоны и выходу радиоактивных продуктов в помещения РО. После неудачных попыток устранения последствий аварии в 1989 г. АПЛ была признана аварийной, выведена из боевого состава флота и отправлена на отстой в бухту Павловского Приморского края.

Технические средства АПЛ в результате аварии, длительного отсутствия обслуживания, воздействия неблагоприятных климатических условий и коррозионно-активных сред находились в крайне неудовлетворительном состоянии. Первый контур реактора левого борта был негерметичен. Активные зоны из реакторов не были выгружены. Реактор правого борта вывели из действия в январе 1986 г. по штатному режиму в соответствии с эксплуатационной документацией.

После расхолаживания ППУ и дезактивации РО в трюме и других помещениях РО оставалось большое количество воды, имеющей высокую радиоактивность и содержащей коррозионно-активные компоненты (дезактивирующие реагенты). Радиационная обстановка в РО АПЛ продолжала оставаться чрезвычайно опасной. Вследствие этого выполнение работ по выгрузке ядерного топлива из реактора правого борта было невозможно.

Уровни радиоактивного загрязнения поверхностей конструкций и оборудования данных АПЛ превышали все допустимые уровни для персонала.

Согласно радиационному обследованию аварийных АПЛ, выполненному в 2010—2011 гг. отделом ядерной и радиационной безопасности ОАО ДВЗ «Звезда»:

— максимальные значения мощности экспозиционной дозы на АПЛ зав. № 175 составляли от 50 до 180 мЗв/ч (для персонала превышение нормы составляло от 2,5 до 9 годовых доз в час), а плотность потока бета-частиц — 8 тыс. β-част./ (см^2·мин) — для персонала превышение нормы более чем в 100 раз;

— максимальные значения мощности экспозиционной дозы на АПЛ зав. № 610 составляли от 50 до 100 мЗв/ч (для персонала превышение нормы — от 2,5 до 5 годовых доз в час), а плотность потоков бета-частиц — до 42 тыс. β-част./(см^2·мин) — для персонала превышение нормы более чем в 500 раз.

Хранение аварийных АПЛ на плаву представляло опасность радиационного загрязнения бухты Сысоева, заливов Стрелок, Уссурийский и Петр Великий, так как существовала вероятность их несанкционированного затопления.

Рис. 1. **Аварийные АПЛ зав. № 610 (справа) и зав. № 175 в бухте Павловского**

Разработка проекта утилизации и его реализация. В рамках длившейся более десяти лет НИР «Факел» под руководством ОАО «НИКИЭТ имени Доллежаля», госкорпорации «Росатом» с привлечением ОАО СПМБМ «Малахит», ОАО ЦКБ МТ «Рубин», ОАО ЦМКБ «Алмаз», ОАО «ОКБМ Африкантов» была разработана проектная документация на формирование трехотсечных блоков аварийных АПЛ, спроектированы и построены транспортировочные докпонтоны и береговые укрытия. Технология выполнения работ и комплекты организационной и технологической документации (КПОД) по утилизации АПЛ пр. 675, зав. № 175, и пр. 671, зав. № 610, к началу утилизации разработаны не были.

В рамках государственного заказа ОАО НИПТБ «Онега» по заключенным в срочном порядке договорам с ОАО ДВЗ «Звезда» разработало КПОД для АПЛ пр. 675 в 2010 г., а АПЛ пр. 671 — в 2011 г.

Разработка комплектов технологической и организационной документации выполнялась с целью: локализации последствий аварии и снижения риска радиационного загрязнения бухт и заливов Приморского края; исключения нахождения на плаву аварийных АПЛ до возникновения реальной опасности их затопления; приведения АПЛ в безопасное для населения и окружающей среды состояние.

Основными задачами разработки комплектов технологической документации являлись: обеспечение работ по утилизации АПЛ технологической документацией, соответствующей установленным требованиям; организация технологической подготовки ОАО ДВЗ «Звезда» к утилизации АПЛ; создание безопасных условий работы персонала; обеспечение пожарной, экологической и ядерной безопасности при выполнении работ по утилизации; формирование трехотсечных блоков РО и их изоляция в береговых укрытиях.

Организационно-технологические схемы проектов утилизации аварийных АПЛ разрабатывались с учетом обеспечения минимального радиационного воздействия на окружающую среду при утилизации АПЛ и подготовке трехотсечных блоков РО к долговременному хранению. На каждую АПЛ создавалась индивидуальная схема утилизации с учетом характера повреждений и уровня радиоактивного загрязнения.

За основу организации процесса утилизации аварийных АПЛ был принят этапно-позиционный метод, применяемый в настоящее время в ОАО ДВЗ «Звезда», предполагающий выполнение отдельных объемов работ (этапов) на определенных местах-позициях, специально оборудованных для этого технологическим оборудованием, специальной технологической оснасткой, системами технического обеспечения, грузоподъемными кранами и механизмами, бытовыми, служебными, складскими помещениями. Однако при утилизации данных аварийных АПЛ главное отличие от существующего метода заключалось в выполнении всего комплекса работ по формированию трехотсечных блоков на одной позиции — стапеле док-камеры. Это позволило существенно сократить радиоактивное загрязнение территории предприятия.

Основная проблема на всех этапах утилизации аварийных АПЛ — высокий уровень радиоактивного излучения и значительный объем радиоактивных отходов. По данным обследования в РО АПЛ зав. № 610 находилось до 108 м^3 воды с активностью

от $3{,}7 \times 10^2$ до $5{,}55 \times 10^{10}$ Бк/л, ориентировочное количество образующихся твердых радиоактивных отходов при утилизации и формировании трехотсечного блока АПЛ зав. № 610 составляло 820 м^3, на АПЛ зав. № 175 — 410 м^3.

В связи с этим для каждого этапа утилизации разрабатывались индивидуальная оснастка и организационно-технологическая схема работ под конкретный заказ (рис. 2).

Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), находящиеся в РО АПЛ зав. № 610, выгружались и перерабатывались по специально разработанной технологии после формирования трехотсечного блока и постановки его на площадку долговременного хранения реакторных отсеков (ПДХ РО). Принятые меры позволили минимизировать негативное воздействие радиоактивного излучения на персонал при выполнении работ по формированию трехотсечных блоков.

Для безопасного транспортирования и долговременного хранения сформированных трехотсечных блоков использовались специальные док-понтоны, изготовленные в рамках НИР «Факел».

На каждом этапе утилизации организовывалась ЗСР (зона строгого режима) и осуществлялось ее зонирование по времени пребывания персонала с целью исключения переоблучения. Для предотвращения распространения радиоактивных веществ на границе ЗСР были предусмотрены санитарно-пропускные пункты и мобильные саншлюзы.

Разработанные комплекты документации были согласованы с надзорными органами РФ, прошли санитарно-эпидемиологическую экспертизу и получили положительное санитарно-эпидемиологическое заключение Федерального медико-биологического агентства России.

Рис. 2. **АПЛ зав. № 175 на стапеле док-камеры в ОАО ДВЗ «Звезда»**

В настоящее время закончены работы по формированию трехотсечных блоков РО утилизированных АПЛ зав. № 175 и 610. Блоки переведены на ПДХ РО «Устричный» ДВЦ «ДальРАО» ФГУП «РосРАО» и поставлены на твердое основание в укрытие для долговременного хранения. Завершающий этап процесса утилизации аварийных АПЛ — разрезка на металлолом носовых и кормовых оконечностей, окончание которого было запланировано в 2012 г.

Заключение. Аварийные АПЛ, выведенные из состава ВМФ России и находившиеся на плаву в ожидании утилизации, представляли реальную экологическую опасность, так как год от года их техническое состояние ухудшалось, что грозило экологической катастрофой и обширным радиоактивным загрязнением окружающей среды.

Опыта промышленной утилизации аварийных АПЛ ранее не существовало, и первым шагом к решению этой проблемы была утилизация аварийных АПЛ пр. 675, зав. № 175, и пр. 671, зав. № 610, успешно осуществленная в ОАО ДВЗ «Звезда» в строгом соответствии с организационно-технологической документацией по утилизации аварийных АПЛ, разработанной ОАО НИПТБ «Онега».

Несмотря на объективные организационные и технические трудности, организациями ОАО «ОСК» выполнена уникальная, не имеющая мировых аналогов технологическая операция по утилизации аварийных АПЛ, обеспечена ядерная и радиационная безопасность их дальнейшего хранения, исключен риск радиационного загрязнения.

ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОРЕМОНТА В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Ю. С. Болховитин, А. Ю. Межевитинов (ОАО «ЦТСС»,
e-mail: inbox@sstc.spb.ru)

УДК 623.827:656.612.5

Перспективный рынок продукции судостроения России по программным документам включает разнообразную номенклатуру сложных наукоемких морских кораблей и судов для обновления военно-морского, транспортного и рыбопромыслового флотов страны, морскую технику для изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа, морские паромы, буксиры, спасатели, принципиально новые крупнотоннажные суда усиленного ледового класса — танкеры и газовозы, а также научно-исследовательские суда для выполнения работ в области гидрометеорологии и мониторинга состояния окружающей среды, суда экологического и гидрологического контроля.

Для поддержания в эксплуатационном состоянии кораблей и судов, их постоянной готовности к выполнению своего функционального назначения необходима отвечающая современным требованиям не только судостроительная промышленность, но и развитая система судоремонта.

Главное назначение судоремонта — устранение поломок и повреждений, полученных в результате естественного износа или аварии судов, обеспечение надежного дальнейшего использования флота при минимальном расходе средств и времени. В экономическом смысле судоремонт — это процесс восстановления основных фондов, составляющих важнейшую часть флотов. Поэтому основой рациональной организации судоремонта должно явиться оптимальное соотношение производственных мощностей судоремонтных предприятий (СРП) и потребности в ремонте кораблей и судов всех видов флотов.

Основные ведущие СРП включены в специализированную структуру «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК) Минпромторга России. Основной задачей ОСК является обеспечение уровня гарантированной надежности производимой продукции. В связи с этим послепродажное (сервисное) обслуживание (как гарантийное, так и постгарантийное, включая судоремонт) все более и более становится востребованным элементом жизненного цикла. Благодаря обслуживанию поддерживается постоянный контакт между эксплуатирующей организацией и структурами ОСК, что является немаловажным фактором для накопления информации о надежности систем и механизмов, их ремонтопригодности. Данная информация является исходным материалом для проектных организаций для выполнения модернизационных работ и перспективных разработок.

Сложность судоремонтного производства объективно увеличивается из-за постоянного конструктивного совершенствования объектов ремонта. На сегодняшний день основной целью процесса модернизации сферы судоремонта является широкомасштабное техническое перевооружение СРП, необходимость их специализации на ремонте определенных типов судов по видам и категориям ремонта, а также принадлежности судна к флоту (военно-морскому, рыбопромысловому, транспортному, научно-исследовательскому и т. д.), создание новых объектов научно-производственной базы судоремонта.

В настоящее время все судоремонтные предприятия ОАО «ОСК» включены в региональные центры судостроения и судоремонта, равномерно рассредоточены по зонам базирования, специализированы на выполнении работ по ремонту большинства проектов кораблей и судов, обладают высокой управляемостью, мобильностью и оперативностью решения задач. Это позволяет оперативно планировать и проводить подготовку СРП для выполнения ремонтных работ, реализовать обслуживание как гражданского, так и военного флота по территориальному принципу с привлечением имеемого квалифицированного персонала и мощностей региональных СРП без отвлечения от основной производственной деятельности судостроительные предприятия.

Необходимо учитывать, что судоремонт это низкорентабельная отрасль. Рентабельность работ в судостроении вдвое больше, чем в судоремонте.

Снижение стоимости ремонтов, сокращение сроков его проведения обеспечиваются за счет высокой организации судоремонта, оснащенности судоремонтного производства высокопроизводительным оборудованием и новейшими технологиями (в том числе и информационными), высокой производительностью труда. ОАО «ЦТСС», занимаясь научной деятельностью в этом направлении, обращает внимание на необходимость проведения мероприятий по модернизации сферы ремонта кораблей и судов. В настоящее время существуют специально разработанные программы модернизации судоремонтного производства и повышение его технического уровня. Приоритетными направлениями деятельности в области судоремонта являются:

— разработка и реализация новых наукоемких судоремонтных технологий;

— отработка оптимальной практической организации сервисного обслуживания кораблей и судов с учетом их базирования (в том числе системы объема и качества работ);

— определение мероприятий по логистике сервиса (планирование, информационное обеспечение и управление сетью обслуживания, планирование и доставка ресурсов, управление ЗИП, контроль за выполнением мероприятий сервиса);

— своевременное конструкторско-технологическое и нормативное обеспечение обслуживания, ремонта и утилизации кораблей и судов;

— разработка единых норм времени на судоремонтные работы для контрактов по обслуживанию с целью обоснования и единого понимания нормирования работ и технологических процессов по сервису;

— проектирование и технологическое перевооружение производственных мощностей СРП;

— проектирование и производство современной судовой арматуры и изделий судового машиностроения для нужд судоремонта;

— разработка, промышленное изготовление и поставка специализированного оборудования и средств технологического оснащения судоремонтных производств.

Судоремонтная отрасль нашего государства имеет достаточно хорошие перспективы развития. Это связано с тем, что строительство и ремонт судов на отечественных судоремонтных заводах позволяет судовладельцам сэкономить значительные средства. Российские судоремонтные заводы готовы обеспечить поставки основных расходных материалов по более низким ценам. Кроме того, при равных трудозатратах оплата труда на Российских предприятиях обходится значительно дешевле по сравнению с западными аналогами.

«ЦТСС» выполняет ряд работ по приоритетным направлениям научно-технической деятельности в области судоремонта, проводит постоянный мониторинг создания инновационной продукции, учету результатов интеллектуальной деятельности в области сервисного обслуживания кораблей и корабельной техники с целью обобщения опыта и дальнейшего внедрения их на предприятиях ОСК. Данные работы выполняются в соответствии с «Концепцией адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации», утвержденной приказом министра обороны Российской Федерации от 6.04.2010 г. как по планам Федеральных целевых программ, так и по хозяйственным договорам с судоремонтными предприятиями и предприятиями промышленности. Реализация разработанных мероприятий модернизации сферы обслуживания и ремонта кораблей, судов и корабельной техники позволит в полной мере выполнить совместное решение Минобороны России и Минпромторга России от 29.09.2009 г.

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СУДОРЕМОНТУ

18—22 мая в Анапе в гостинице «София» состоялась первая международная научно-практическая конференция на тему «Состояние и актуальные проблемы судоремонта в Азово-Черноморском бассейне», организованная ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ОАО «ЦТСС») совместно с ОАО «Центр судоремонта "Звездочка"» и болгарскими партнерами. Работа конференции, в которой участвовало около 70 руководителей и специалистов примерно из трех десятков предприятий и организаций, в частности, из Санкт-Петербурга, Северодвинска, Астрахани, Новороссийска, Севастополя, Зеленодольска, Темрюка, а также из Болгарии, проходила на пленарных заседаниях и в специализированных секциях.

Такого рода конференция в новейшей истории России прошла впервые. С докладами и сообщениями выступили представители ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОАО «ОСК»), ОАО «ЦТСС», ОАО ЦС «Звездочка» и его филиалов ОАО «5 СРЗ» и ОАО «Астраханский СРЗ», ОАО НИПТБ «Онега», ОАО ПО «Севмаш», ОАО «Новороссийский СРЗ», Ассоциации судоремонтных заводов России, ОАО СЗ «Северная верфь», ОАО «Средне-Невский судостроительный завод», ФГУП «Кронштадтский Морской завод», ОАО «Моряк», ряда фирм и компаний. Болгарская делегация представляла Ассоциацию судостроителей и судоремонтников Черноморского бассейна (БРАСС) и Болгарскую национальную ассоциацию судостроения и судоремонта (БНАСС). Членами БНАСС являются 38 компаний, включая все судостроительные и судоремонтные предприятия страны.

В настоящее время на ряде верфей России для ВМФ, в том числе для Черноморского флота, строятся новые корабли, которые в ходе своей эксплуатации, естественно, потребуют технического обслуживания и периодических ремонтов. Для этого необходимы специализированные производственные мощности, чтобы качественно и в срок выполнять госзаказы. Открывая конференцию, генеральный директор ОАО «ЦТСС» **А. Н. Алешкин** определил основные обсуждаемые темы: модернизация и техперевооружение судоремонтных заводов, вопросы финансирования, возможности ОАО «ЦТСС» и партнеров в области судоремонта, развития и создания новых судоремонтных мощностей. При этом основное вни-

мание уделяется предприятиям, занимающимся ремонтом военных кораблей и которых планируется привлечь к этой работе.

На пленарном заседании **В. Н. Киреев** (ОАО «ЦТСС») изложил предложения по развитию судоремонтных мощностей РФ в Азово-Черноморском и Каспийском бассейнах, **Н. М. Вихров** (ОАО «Канонерский СРЗ») рассказал о технико-экономических аспектах и проблемах работы судоремонтного завода, входившего ранее в систему Минморфлота, а сейчас готового участвовать в выполнении госзаказов, **Иван Лазаров** (БРАСС) посвятил свой доклад интегрированной морской политике в сфере морского транспорта, портов, судостроения и судоремонта в Черноморском бассейне, **Л. Г. Горбов** (ОАО «ЦТСС») обрисовал круг проблем при организации судоремонта в условиях модернизации экономики России, в том числе касающейся обсуждаемого сейчас спорного предложения о том, чтобы завод-строитель корабля продолжал его обслуживание в течение всего жизненного цикла, **В. А. Кураксин** (ОАО «ОСК»), коснувшись проблем судоремонта в современных условиях, подчеркнул, что главная задача Объединенной судостроительной корпорации в этой области — выполнение гособоронзаказа, **Елена Великова** (БНАСС) в своем докладе представила производственные возможности семи болгарских верфей, которые, как правило, занимаются и судостроением, и судоремонтом, не получая финансовой помощи от государства, **А. Б. Грицан** (ОАО «ЦТСС») рассказал об особенностях методов определения цен на продукцию судостроения и судоремонта, **А. И. Голосов** подробно изложил пути реализации задач по созданию современной системы дополнительного профессионального образования, а темой доклада **В. А. Матюшина** (ООО НПП «СпецТЕК») и **В. А. Поспелкина** (НИИ «ЛОТ»/ФГУП «Крыловский ГНЦ») были «Современные принципы технического регулирования обеспечения безопасности и организации управления основными производственными фондами предприятий судостроительной промышленности».

Остальные доклады и сообщения на конференции (около 30) были сгруппированы по специальным секциям: «Технология дефектации и ремонта корпусов судов» и «Технологическая подготовка производства в судоремонте и применение информационных технологий» (руководитель секции докт. техн. наук **Н. М. Вихров**), «Технология ремонта ГЭУ, судовых механизмов, устройств, валопроводов и гребных винтов» (докт. техн. наук **Н. И. Герасимов**), «Технико-экономические аспекты судоремонтного предприятия, ценообразование в судоремонте» (**В. С. Пастернак**), «Проблемы кадрового обеспечения и профессиональной переподготовки кадров предприятий судоремонта» (докт. техн. наук **А. И. Голосов**). Работала также секция, на которой обсуждались специальные вопросы, касающиеся в том числе ВМФ (канд. техн. наук **Л. Г. Горбов**).

Представленные заранее доклады были опубликованы в изданном ОАО «ЦТСС» к конференции сборнике объемом около 140 страниц.

На заключительном пленарном заседании было принято решение конференции, рассылка которого предусмотрена всем заинтересованным предприятиям и организациям. Приняты также совместные с болгарскими партнерами рекомендации конференции. Следующую конференцию по судоремонту планируется провести в 2014 г.

А. Н. Хаустов

СПАСАТЕЛЬНО-ПОИСКОВОЕ СУДНО «КОММУНА» — 100 ЛЕТ В СПИСКАХ ФЛОТА

26 июля (9 августа по новому стилю) 1913 г. в список судов русского флота был зачислен транспорт «Волхов» и в том же году 17/30 ноября корабль спустили на воду. Переименованный 31 декабря 1922 г. в «Коммуну» он 100 лет несет службу в составе отечественного флота.

Одновременно с разработкой проекта первых отечественных подводных лодок (ПЛ) был поднят вопрос и о создании специального судна для их обслуживания и подъема с глубины в случае аварийной ситуации.

Проект такого корабля разработали специалисты Путиловского завода, с которым 5 мая 1912 г. был подписан соответствующий контракт на постройку спасательного судна для ПЛ Балтийского флота.

Особенностью нового судна стала его катамаранная конструкция. Корпус состоял из двух частей, которые соединялись в носу и корме посредством общего бака и юта, а в средней части фермами, служащими для подвешивания талей, предназначенных для подъема ПЛ. Согласно спецификации судно имело наибольшую длину 96 (между перпендикулярами 87,6), ширину по мидель-шпангоуту 18,6 и осадку 3,66 м при водоизмещении 2400 т. Главная дизельная энергетическая установка обеспечивала судну скорость до 10 уз. Дальность плавания составляла 4 тыс. миль.

Для выполнения основного требования, предъявляемого к судну, а именно «подъема груза в 800 т с глубины не менее 60 м не более чем за 2 ч» служили тали, подвешенные на четырех поперечных фермах, соединенных продольными балками. Лебедки подъемного приспособления приводились в действие электромоторами. Поднятая из воды ПЛ устанавливалась на двенадцати поворотных поперечны бимсах.

Так как судно предназначалось не только для спасения ПЛ, но и их ремонта, конвоирования и обеспечения, то на нем предусматривались помещения для 60 членов экипажа буксируемой или ремонтируемой ПЛ, различные кладовые (провизионные и механические), 50-тонный запас топлива для снабжения ПЛ, а также цистерны с пресной и дистиллированной водой, маслом, серной кислотой. Кроме того, на борту имелась ремонтная мастерская и даже погреба с запасными торпедами.

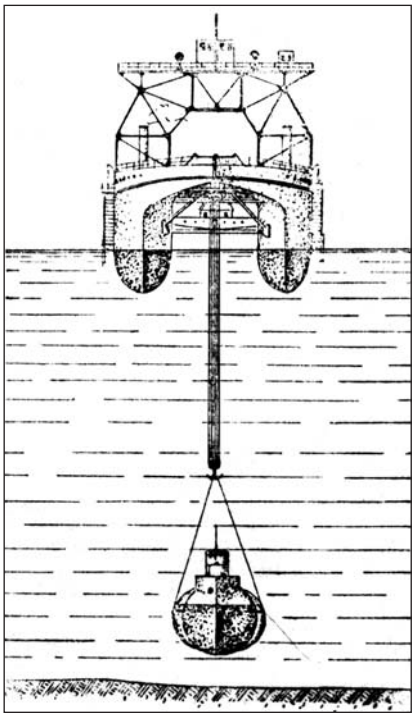
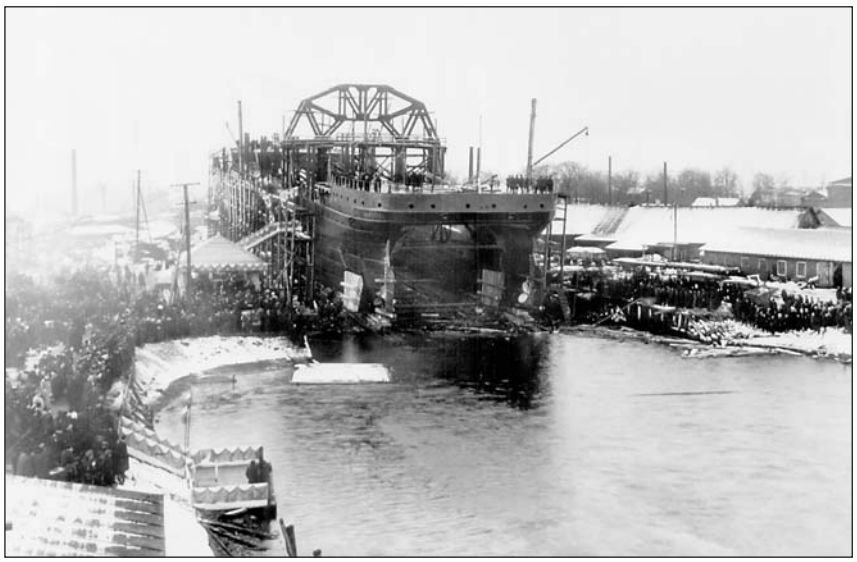


Схема подъема аварийной подводной лодки

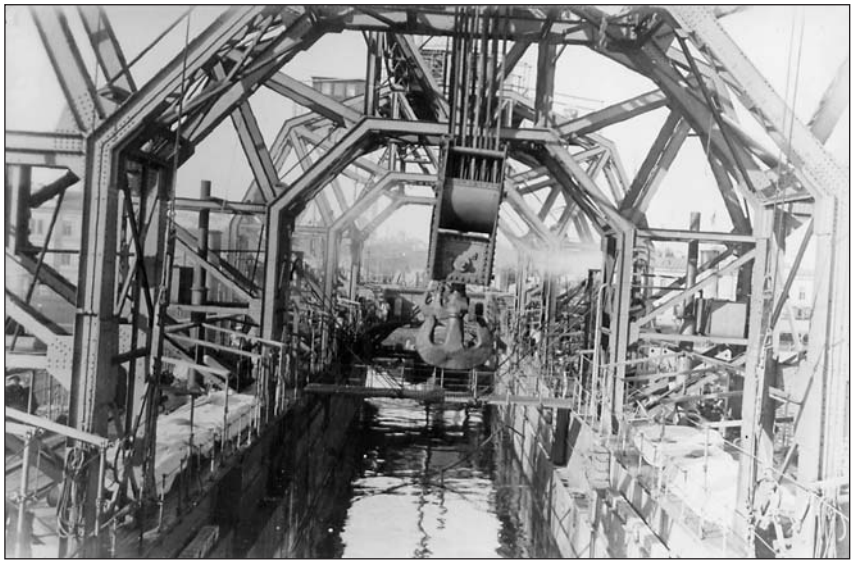
Экипаж насчитывал 11 офицеров, 4 кондуктора, 60 матросов и машинистов, 24 водолаза.

Сборка корпуса нового судна началась 12/25 ноября 1912 г. на стапеле только что образованной Путиловской верфи. Работы велись под наблюдением корабельного инженера полковника Н. В. Лесникова, которого вскоре сменил А. П. Шершов.

Через год 17/30 ноября «Волхов» был спущен на воду, но вступил в строй лишь летом 1915 г. в разгар первой мировой войны. 14/27 июля «Волхов», подняв Андреевский флаг и вымпел, начал кампанию и приказом командующего Балтийским флотом адмирала Н. О. фон Эссена был



Спуск на воду транспорта «Волхов» 17/30 ноября 1913 г.



Фермы и гини спасательного судна «Волхов»

приписан к дивизии ПЛ в качестве плавбазы.

В июне 1917 г. «Волхов» поднял свою первую ПЛ АГ-15, а в сентябре того же года ПЛ «Единорог», затонувшую при буксировке.

В феврале 1918 г. «Волхов» во избежание захвата германскими войсками перебазировался из Ревеля в Гельсингфорс и простоял там до мая 1918 г., после чего ушел сначала в Кронштадт, а затем в Петроград, где стоя у Балтийского завода, обеспечивал ремонт ПЛ.

22 декабря 1922 г. «Волхов», как и многие другие корабли Рабоче-Крестьянского Красного Флота «в ознаменование участия моряков в пролетарской революции», получил новое наименование «Коммуна».

Входя в состав бригады ПЛ, «Коммуна» выполнила подъем сторожевого корабля «Кобчик» (август, 1923 г.), подводных лодок L-55 (август, 1928 г.), «Рабочий» (июль, 1933 г.), Б-3 (август 1935 г.), М-90 (1938 г.)

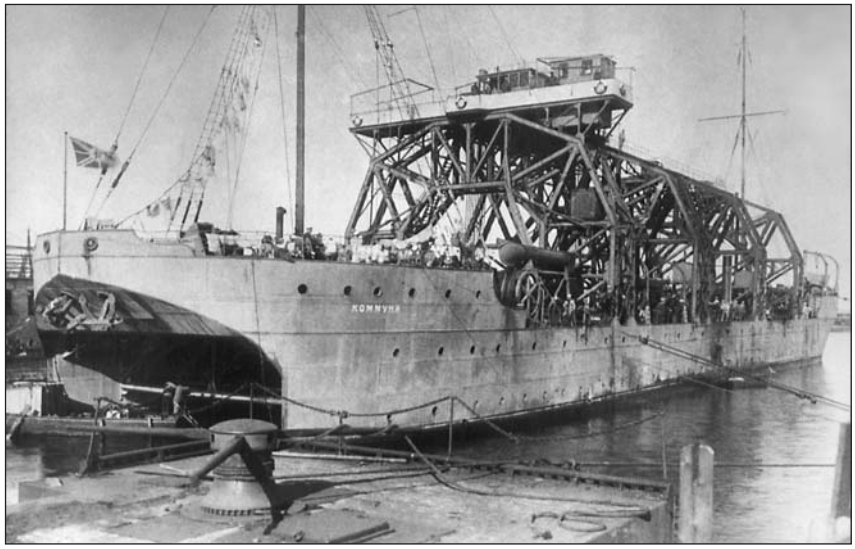
Кроме того, она обеспечивала заводские испытания ПЛ типа «Д» (1932 г.). Участвовала в опытном погружении на стальных полотенцах одной из ПЛ типа «Щ» на глубину 89 м (октябрь, 1934 г.), подъеме и ремонте ПЛ Щ-324 поздней осенью 1939 г. Специалисты корабля проводили водолазные работы на сторожевых кораблях «Туча», «Снег», «Пурга», «Буря», базовом тральщике «Патрон» и эсминце «Сметливый». Выполнялись и многие другие задания командования по обеспечению испытаний, введению в строй кораблей разных классов и различных судов.

В годы советско-финляндской войны, а затем и Великой отечественной «Коммуна» обеспечивала базирование ПЛ и катеров КБФ. А также ремонт поврежденных кораблей и ПЛ. Однако и после окончания боевых действий работы судну хватало. Лишь в 1954 г. судно смогло пройти капитальный ремонт, в ходе которого главные дизели были заменены на двигатели голландского производства. В конце ноября 1956 г. «Коммуной» с глубины 45 м была поднята ПЛ М-200, а через год ПЛ М-256 уже с глубины 73 м. В августе 1959 г. судно подняло затонувший на глубине 22 м торпедный катер. Всего за свою службу «Коммуна» оказала помощь более чем ста кораблям и ПЛ.

В 1967 г. «Коммуна», обойдя вокруг Европы, успешно совершила переход на Черное море. В Севастополе на Севморзаводе ее по проекту ЦКБ «Черноморец» переоборудовали в судно-носитель глубоководных аппаратов, в том числе и таких как АС-6 типа «Поиск-2» (пр. 1832), рассчитанных на глубину погружения свыше 2 тыс. м.

Работы затянулись на три года (до конца апреля 1973 г.). В результате на судне были смонтированы новые спускоподъемные устройства, а также оборудованы испытательные лаборатории. Аппарат «Поиск-2» испытывался в общей сложности 158 дней, и «Коммуна» 13 раз выходила в море, проведя там 48 ход. сут. 15 декабря 1974 г. аппарат совершил погружение на глубину 2026 м.

В ноябре 1979 г. «Коммуна» прошла очередной средний ремонт и модернизацию с заменой дизелей на отечественные. В связи с тем, что судно предполагалась передать Академии наук СССР, в 1984 г. военный экипаж судна был расформирован. Но так как Академия содер-



31 декабря 1922 г. «Волхов» получил новое имя — «Коммуна»

жать «Коммуну» отказалась, она осталась в составе ВМФ. С апреля 1985 г. экипаж «Коммуны» возглавлял гражданский капитан Л. А. Балюков, много сделавший для сохранения уникального судна. После смерти Л. А. Балюкова на капитанский мостик «Коммуна» поднялся А. А. Ишинов (капитан 1-го ранга в отставке). Под его руководством моряки собственными силами провели частичный ремонт помещений и оборудования, покраску судна.

С конца 1985 г. «Коммуна» снова находится в строю бригады Аварийно-спасательной службы Черноморского флота и обеспечивает испытания новых образцов глубоководных аппаратов АС-5 и АС-8 (СПС), АС-4, АС-17 и АС-32 (АРС), является их носителем и ведет их опытовую эксплуатацию. Наряду с этим корабль ведет поисковые работы и гидрографические исследования, а также принимает участие в общефлотских учениях.

Полубак спасательного судна «Коммуна»

8 апреля 1991 г. второй раз за долгую жизнь «Волхова»—«Коммуны» на корабле поднимается Андреевский флаг. С 1992 г. «Коммуна» находится в составе действующих кораблей и судов бригады поисковоспасательной службы Черноморского флота. Укомплектованность экипажа личным составом в разные годы колеблется от 50 до 80%. Но моряки бережно и самоотверженно ухаживают за уникальным кораблем. По планам боевой подготовки «Коммуна» выходит в море для испытаний глубоководных аппаратов разных типов, отработки поисковых задач.

Теперь ветераны «Коммуны» хлопочут не только о занесении своего судна в Книгу рекордов Гиннесса, но и о придании ему после списания статуса плавучего музея. В настоящее время на судне организуется музей истории, экспонаты которого расскажут о славном и нелегком пути судна-ветерана со 100-летней историей.

«Коммуна» продолжает нести службу в составе Черноморского флота

Н. Н. Афонин,
редактор отдела истории

В. А. ЕМЕЛЬЯНОВУ – 90 ЛЕТ!

Старейшему работнику судостроительной промышленности Владимиру Александровичу Емельянову исполняется 90 лет со дня рождения. Он родился 15 июля 1923 г. в селе Усть-Ижора. Древняя и славная земля встретила появление на свет второго ребенка в семье Емельяновых — сына Владимира — звоном церковных колоколов. Отец семейства Александр Иванович, солдат царской армии, отслуживший в ней 25 лет, дважды Георгиевский кавалер, и мать Елизавета Матвеевна жили в то время домашним хозяйством, держали лошадь и корову.

В 1940 г. после окончания школы Владимир поступил в Ленинградский кораблестроительный институт. В июле 1942 г. по призыву он был направлен курсантом 3-го Ленинградского артиллерийского училища, но в связи с блокадой Ленинграда стал курсантом 2-го Чкаловского авиационного училища, после окончания которого в апреле 1942 г. был направлен на Сталинградский фронт командиром батареи Истребительного отдельного противотанкового дивизиона.

В августе 1942 г. лейтенант Емельянов с тяжелым ранением попал в полевой госпиталь, который стал местом ожесточенного боя, а все раненые и медперсонал госпиталя оказались в немецком плену. Из-за ранения В. А. Емельянов не мог ходить, но свято верил в Победу и свое освобождение, которое пришло в феврале 1945 г. После длительной проверки Владимир Александрович получает 2-ю группу инвалидности и возвращается домой в Усть-Ижору. В родительском доме его встретили сестры Зоя и Серафима. За время войны на Пулковских высотах погибли родители и старший брат Александр.

Емельянов продолжает учебу в Кораблестроительном институте, который успешно заканчивает в 1949 г. Из многочисленных предложений молодой корабел выбирает Средне-Невский судостроительный завод, где ранее работали его отец и старший брат. На заводе он прошел трудовой путь от заведующего планово-распределительного бюро сдаточного цеха до старшего строителя отдела строителей кораблей.

Владимир Александрович Емельянов

В июле 1959 г. Владимир Александрович был избран секретарем партийного комитета завода, а с октября 1962 г. приказом министра назначен директором Средне-Невского судостроительного завода, которым руководил до апреля 1974 г. За эти годы на заводе было освоено строительство первоклассных кораблей для ВМФ из специальных сталей и неметаллических материалов. Одновременно решались социальные задачи — многие семьи работников завода были обеспечены жилой площадью (в течение ряда лет сдавали 120-квартирные дома), построен стадион «Парус», реконструированы Дом культуры «Нева», пионерский лагерь «Морская волна», рыболовно-охотничья база. Для подготовки молодых рабочих открыли филиал ПТУ с двумя благоустроенными общежитиями.

В годы руководства В. А. Емельяновым коллектив завода неоднократно занимал высокие классные места среди предприятий Министерства судостроительной промышленности, а работникам завода выплачивали вознаграждение за выслугу лет и по итогам работы за год «13-ю зарплату».

В течение ряда лет Владимир Александрович избирался членом бюро Колпинского районного комитета КПСС и депутатом Колпинского райсовета депутатов трудящихся.

В 1974 г. В. А. Емельянов был назначен директором судостроительного завода «Северная верфь» (в то время — завод им. А. А. Жданова), который возглавлял вплоть до ухода на пенсию в 1991 г.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 16 июля 1986 г. за выдающиеся заслуги в создании и освоении производства специальной техники Владимиру Александровичу Емельянову присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот». Он руководил строительством крупной серии кораблей для ВМФ, сухогрузов и контейнеровозов для Министерства морского флота СССР. В 1985—1988 гг. под его руководством были выполнены ремонтно-восстановительные работы на легендарном крейсере «Аврора». При его участии был создан судоспусковой комплекс, построены крытый эллинг, плавучий док, два горизонтальных стапеля.

Под редакцией Владимира Александровича вышли книги «Корабли и суда Военно-Морского Флота, построенные на судостроительном заводе «Северная верфь» (1887—2007 гг.)» и «Суда транспортного, промыслового, научно-исследовательского и технического флотов, построенные на судостроительном заводе "Северная верфь" (1887—2007)».

За боевые и трудовые заслуги В. А. Емельянов награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Отечественной войны I и II степени, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и многими металями.

Владимир Александрович принимал активное участие в подготовке к празднованию 100-летия Средне-Невского судостроительного завода (июль 2012 г.) и 100-летия судостроительного завода «Северная верфь» (ноябрь 2012 г.), он участвует в работе секции Героев Совета ветеранов войны и труда Санкт-Петербурга.

Пожелаем Владимиру Александровичу крепкого здоровья, хорошего настроения и долгих лет жизни!

В. А. Середохо, канд. экон. наук,
генеральный директор
ОАО «Средне-Невский
судостроительный завод»

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СЕРИЯ ИЗ 17 ББС ЗАВЕРШЕНА

Американская судоходная компания Crowley Maritime Corporation в начале мая завершила свою программу постройки 17 мореходных баржебуксирных составов (ББС/ATB — Articulated Tug-Barge) общей стоимостью более 1 млрд дол., проведя на верфи VT Halter Marine Shipyard (Паскагула) церемонию имянаречения буксира «Liberty» и баржи «750-3» для транспортировки нефтепродуктов. Это событие произошло спустя 11 лет после сдачи первого ББС. Сейчас баржебуксирный флот Crowley состоит из эксплуатирующихся в прибрежной зоне под американским флагом четырех ББС серии 550 (баржи вместимостью по 155 000 баррелей)[1], десяти ББС серии 650 (баржи по 185 000 баррелей) и трех ББС серии 750 (по 330 000 баррелей). Завершивший программу ББС «Liberty/750-3» вместе с предыдущими «Legacy/750-1» и «Legend/750-2» — включают в себя наиболее крупные нефтеналивные баржи, имеющие дедвейт 45 000 т, длину 182,88 м, ширину 32 м и осадку 10,6 м. Все три буксира мощностью по 1200 кВт (длина 45,1 м, ширина 18,2 м, осадка 6,7 м) построены на верфи Dakota Creek Industries. Общая длина ББС серии 750 составляет 205,4 м.

ББС серии 750 вместимостью 330 000 баррелей

Десантные корабли на воздушной подушке в эллинге ОАО ФСК «Море» (www.ukroboronprom.com.ua)

[1] 1 нефтяной баррель = 159 л.

ПРОЕКТ 958 ДЛЯ КИТАЯ

12 апреля в Феодосии представители Государственного концерна «Укроборонпром» и ВМС Китая подписали акт приемки десантного корабля на воздушной подушке пр. 958. С украинской стороны документ подписал генеральный директор ГК «Укрспецэкспорт» Дмитрий Перегудов. Корабль построен ОАО «Феодосийская судостроительная компания "Море"» (входит в состав ГК «Укроборонпром»). В настоящее время на предприятии продолжаются работы по строительству второго корабля пр. 958 для китайского заказчика. Согласно заключенному ранее контракту ОАО ФСК «Море» построит для ВМС Китая два десантных корабля пр. 958. Еще два должны будут построены при участии украинских специалистов и с использованием украинских комплектующих в Китае.

Как сообщает «Укроборонпром» (*www.ukroboronprom.com.ua*), «самый большой в мире амфибийный десантный корабль на воздушной подушке пр. 958 предназначен для приема с оборудованного или необорудованного берега боевой техники и личного состава морских десантов, перевозки их морем, высадки на необорудованное побережье и огневой поддержки десантных войск. Также он может осуществлять транспортировку мин и постановку минных заграждений».

Характеристики пр. 958 в сообщении ГК «Укрспецэкспорт» не приводятся. А на страницах ОАО ФСК «Море» и ГК «Укрспецэкспорт» в Интернете содержатся данные по десантному кораблю на воздушной подушке типа «Зубр».

НОВЫЙ ЛЕДОКОЛ ДЛЯ ФИНЛЯНДИИ

В апреле Министерство транспорта Финляндии подписало контракт на проектирование нового ледокола. Aker Arctic Technology Oy спроектирует его совместно с ILS Oy. Для постройки ледокола к зиме

Проектное изображение нового финского ледокола

2016 г. выделено 125 млн евро. Срок эксплуатации судна — 50 лет. Ледокольная способность нового судна должна быть не ниже, чем у ледокола типа «Urho», т. е. он должен быть способен осуществлять беспрерывное движение при помощи дизель-электрической установки в ровном льду толщиной 1,6 м, делать канал шириной 25 м со скоростью 6 уз во льду толщиной 1,2 м, а также достигать средней скорости 9—11 уз во время «буксировки вплотную». Максимальная осадка судна 8 м. На открытой воде судно будет передвигаться со скоростью как минимум 16 уз. Новый ледокол будет оснащен средствами для ликвидации аварийных разливов нефти. Объем соответствующих емкостей не менее 1500 м^3. На судне сможет разместиться 24 чел. с учетом персонала по ликвидации аварийных разливов нефти. Сроки готовности проектной документации позволят провести конкурс на строительство и принять решение в течение 2013 года.

ЗАКАЗЫ ГП «ЗОРЯ-МАШПРОЕКТ»

Украинское государственное предприятие «Зоря-Машпроект» (Николаев), которое проектирует и изготавливает газовые турбины, в частности, для морских кораблей и судов, в середине апреля сообщило о подписании контракта с индийским заказчиком на поставку газотурбинных установок для кораблей, которые будут построены на верфи в Мумбаи. Контракт заключен по итогам тендера 2012 г. По условиям контракта всего в период с 2016 по 2019 г. предприятие оснастит четыре новых корабля пр. 15В. Это будет уже третья серия таких кораблей. В 1993—1995 гг. в Индию были поставлены установки для трех кораблей пр. 15 (типа «Delhi»), в 2005—2006 гг. — также для трех кораблей пр. 15А (типа «Kolkata»). Для пр. 15В будет выпущена модернизированная газотурбинная установка с микропроцессорной системой управления.

В начале апреля в Хошимине был спущен на воду ракетный катер пр. 12418 («Молния»), оснащенный энергетической установкой производства ГП «Зоря-Машпроект». Это второй корабль проекта, построенный на вьетнамской верфи. Первый был спущен на воду в марте 2013 г. На обоих кораблях приступили к фазе достройки. ГП «Зоря-Машпроект» поставит установки еще для четырех ракетных катеров пр. 12418 на вьетнамское судостроительное предприятие Ba Son Limited (совместное предприятие с норвежской группой Ulrik Qvale & Partners AS) в Хошимине, где ведется строительство для ВМС Вьетнама катеров, предназначенных для охраны водных рубежей государства.

В апреле «Зоря-Машпроект» осуществила окончательную сборку и комплексные испытания силовой установки М55Р для фрегата «Адмирал Касатонов» (пр. 22350) в условиях, приближенных к эксплуатационным. Фрегат строится ОАО СЗ «Северная верфь» в Санкт-Петербурге. Установка М55Р состоит из форсажной газовой турбины М90ФР производства ЗАО «Турборус», маршевого дизельного двигателя 10Д49 производства ОАО «Коломенский завод», редуктора РО55Р производства ГП НПКГ «Зоря-Машпроект» и системы автоматического управления, разработанной ОАО Концерн НПО «Аврора». В конце марта были завершены приемосдаточные испытания и отгружен российскому заказчику корабельный дизель-газотурбинный агрегат, предназначенный для корабля класса «фрегат». Первый такой агрегат был поставлен в декабре 2012 г.

Норвежская компания Kleven, владеющая двумя верфями — Myklebust Verft и Kleven Verft, заключила контракт с GC Rieber Shipping (Норвегия) на постройку научно-исследовательского судна (+1 в опционе) для проведения сейсмических исследований в арктических водах. Судно нового типа ST-324XT (проект Skipsteknisk) должно быть построено верфью Myklebust Verft и сдано заказчику в марте 2015 г. Корпус судна будет иметь ледовые усиления ICE 1A. Стоимость судна — около 700 млн норв. крон

Подготовил А. Н. Хаустов

ОПЫТНЫЕ ТОРПЕДНЫЕ КАТЕРА ПОВЫШЕННОЙ МОРЕХОДНОСТИ Г-8 И СМ-4*

И. Я. Баскаков, канд. техн. наук, директор музея истории ОАО СФ «Алмаз», e-mail: gallery@almaz.spb.ru

УДК 629.5.02-81(091)

В конце 1928 г. на Балтику стали поступать первые серийные советские торпедные катера (ТК, позднее ТКА) типа Ш-4, построенные Ленинградским судостроительным заводом № 194 им. А. Марти (сейчас ОАО «Адмиралтейские верфи»).

По результатам их сдаточных испытаний начальник дивизиона ТКА И. П. Чернышев в ноябре 1928 г. направил в штаб Морских сил Балтийского моря доклад, в котором обращал внимание на то, что «в свежую погоду плоские удары редана о волну создают крайне неприятную и резкую тряску, возрастающую с увеличением скорости хода. Следует считать, что при состоянии моря свыше 3 баллов на полном ходу эта тряска становится настолько невыносимой, что при свежей погоде ТК на полных скоростях использоваться не могут» и далее делал вывод, что «при состоянии моря в 3 балла ТК могут развивать наивысшую скорость порядка 43—44 узлов». Что же касается улучшения мореходных качеств, то он считал, что при наличии редана их вряд ли можно повысить и предлагал «перейти к постройке катеров без редана (килевых)», считая, что потеря нескольких узлов скорости будет компенсирована улучшением мореходных качеств и «в окончательном итоге» повысит «боевое значение катеров».

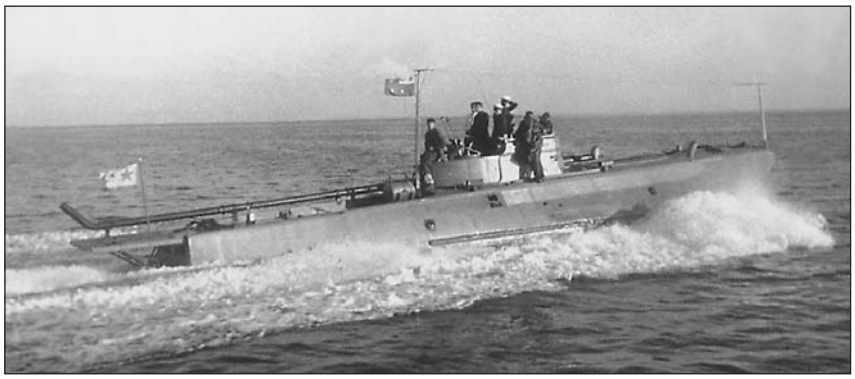
Этот доклад Революционный Военный Совет (РВС) Морских сил Балтийского моря переслал начальнику Технического управления ВМС РККА Н. И. Власьеву, полагая, что содержащиеся в нем сведения и выводы будут полезны при составлении технических заданий на проекты новых ТКА. Однако документ, попав к начальнику ВМС РККА Р. А. Муклевичу, вызвал негативную реакцию последнего: «Записка командира дивизиона ТК т.Чернышева только подтверждает мои первые сомнения в пригодности Чернышева как командира дивизиона», — писал он в своем обращении в РВС 23 декабря 1928 г. «Чернышев пробыл на катерах без году неделя, не удосужился ни как следует ознакомиться с опытом Черного моря, ни поплавать на Балтике, а уже осмеливается опорачивать катера и выдвигает никчемный тезис о снижении скорости катера...» В феврале 1929 г. на имя начальника ВМС РККА Р. А. Муклевича за подписью командующего Морскими силами Балтийского моря М. В. Викторова поступила докладная записка. В ней говорилось, что доклад И. П. Чернышева лишь «подводит итог первым наблюдениям за работой ТК в процессе их испытаний» и ни в коем случае не претендует на «основательное заключение об их боевых и мореходных качествах...» Что касается содержания доклада и выводов, то РВС считает это «вполне нормальным и желательным проявлением инициативы, оправдываемым новизной оружия и естественным сознанием ответственности за таковое... Серьезное критическое отношение со стороны командира к вверенному ему оружию не может иметь результатом подрыв веры в это оружие...»

В 1929 г. Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ) получает задание на разработку проекта и постройку более совершенного опытного ТКА типа Г-5. Большие линейные размеры и более мощные двигатели, бесспорно, несколько улучшили мореходность нового ТКА. Однако приверженность А. Н. Туполева к реданным обводам, дававшим существенный прирост скорости по сравнению с нереданными (так называемыми килевыми) при «ходе на тихой воде», заставляла и на ТКА типа Г-5 уже при 3-балльном волнении из-за высокого уровня перегрузок заметно снижать скорость хода. В результате терялось основное преимущество ТКА — стремительность торпедной атаки.

Вскоре после окончания заводских испытаний опытного ТКА типа Г-5 Техупр ВМС выдал ЦАГИ утвержденное 19 ноября 1933 г. начальником ВМС РККА В. М. Орловым тактико-техническое задание и заказ на разработку эскизного проекта нового ТКА, получившего индекс Г-8. В требованиях технического задания особо оговаривалась возможность проведения торпедных атак при пятибалльном волнении. Конструкторской группе А. Н. Туполева в целях повышения мореходности пришлось пойти на увеличение поперечной килеватости днища катера (до 13° на миде-

Торпедные катера типа Ш-4

*По материалам РГА ВМФ, ф. р-441, р-1483, р-1877, р-2040. ЦГА СПб., ф. 1511.



Торпедный катер типа Г-5

ле), что, естественно, привело к снижению гидродинамического качества корпуса. Чтобы при этом скорость Г-8 не снизилась по сравнению с Г-5, авторы разместили в корпусе нового ТКА четыре двигателя ГАМ-34, работающих через спаренные редукторы на две валовые линии. В качестве основного вооружения катера были приняты желобные торпедные аппараты под две торпеды калибра 533 мм, дополненные двумя 12,7-мм пулеметами ШВАК (замененные затем на ДШК) и одним 7,62-мм пулеметом. Катер должен был брать на борт шесть глубинных бомб и аппаратуру для постановки дымовых завес.

После утверждения эскизного проекта 4 августа 1934 г. был выдан и заказ на постройку катера. Его строительство велось на подмосковном заводе № 156, строителем катера был назначен И. Ф. Довбыш. Постройка Г-8 шла без особых осложнений, и к 1 сентября 1937 г. катер отправили по железной дороге в Севастополь для проведения ходовых испытаний.

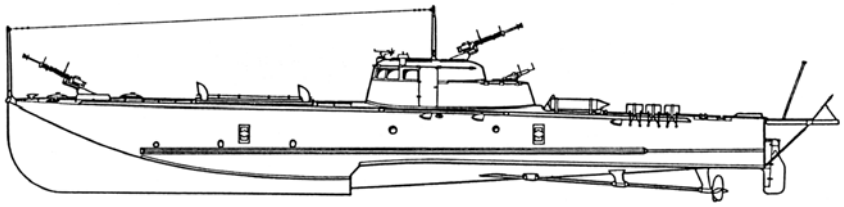
21 октября 1937 г. А. Н. Туполев и его помощники по этому проекту были арестованы, и интенсивность работ по доводке Г-8 резко снизилась. Не случайно уже в конце 1937 г. нарком ВМФ М. Н. Фриновский обратился к наркому оборонной промышленности Л. М. Кагановичу с докладной: «Проектирование и постройка опытовых торпедных катеров до настоящего времени производились на заводе № 156 Народного комиссариата оборонной промышленности. Конструкторский и производственный коллектив данного завода имеет богатый опыт в катеростроении, им разработаны и построены опытные катера, по типу которых заводом № 194 имени А. Марти построены серии катеров, стоящих на вооружении Морских сил СССР. В настоящее время заводом № 156 доводятся в процессе испытаний опытовые катера... Г-8... однако на заводе создалась обстановка постепенной ликвидации и свертывания работ по опытовому катеростроению. Работы КБ не включены в план завода, личный состав постепенно рассасывается на другие работы... Прошу Вашего распоряжения о включении в производственный план завода № 156 работ по доводке и сдаче НК ВМФ уже построенных катеров... Г-8...» 20 августа 1939 г. ТКА Г-8 наконец был предъявлен на государственные испытания. 16 декабря инженеры завода № 156 Белкин и Лихачев подняли вопрос о необходимости начала подготовки завода к серийному строительству катеров Г-8, но уже 9 февраля 1940 г. им сообщили, что «решение о серийной постройке Г-8 откладывается до окончания государственных испытаний катера».

Ходовые, мореходные испытания и торпедные стрельбы прошли 2 августа при волнении 4—5 баллов. Комиссия отметила хорошие мореходные качества катера, «позволяющие команде свободно справляться со своими обязанностями». 7 августа ТКА при водоизмещении 28,2 т достиг скорости 48,3 уз. Испытания торпедных аппаратов стрельбой также завершились успешно. Вся аппаратура работала бесперебойно, интервал выпуска торпед левого и правого борта не превышал 2 сек. Бомбометание глубинными бомбами на скорости ТКА 29 уз также прошли без замечаний. 23 августа 1940 г. ТКА Г-8 вошел в состав Черноморской бригады торпедных катеров.

Однако уже в начале октября стало ясно, что в серию Г-8 не пойдет. Вот как сформулировал свой отказ от серийной постройки ТКА типа Г-8 начальник Главного морского штаба адмирал Л. М. Галлер: «...использовать Г-8 как катер дальнего действия нецелесообразно ввиду его малой автономности, обитаемости и мореходности. На вооружение принят катер типа Д-3 как катер дальнего действия[1]. Создавать 2-й тип торпедного катера дальнего действия и при том реданный — нет никакой необходимости».

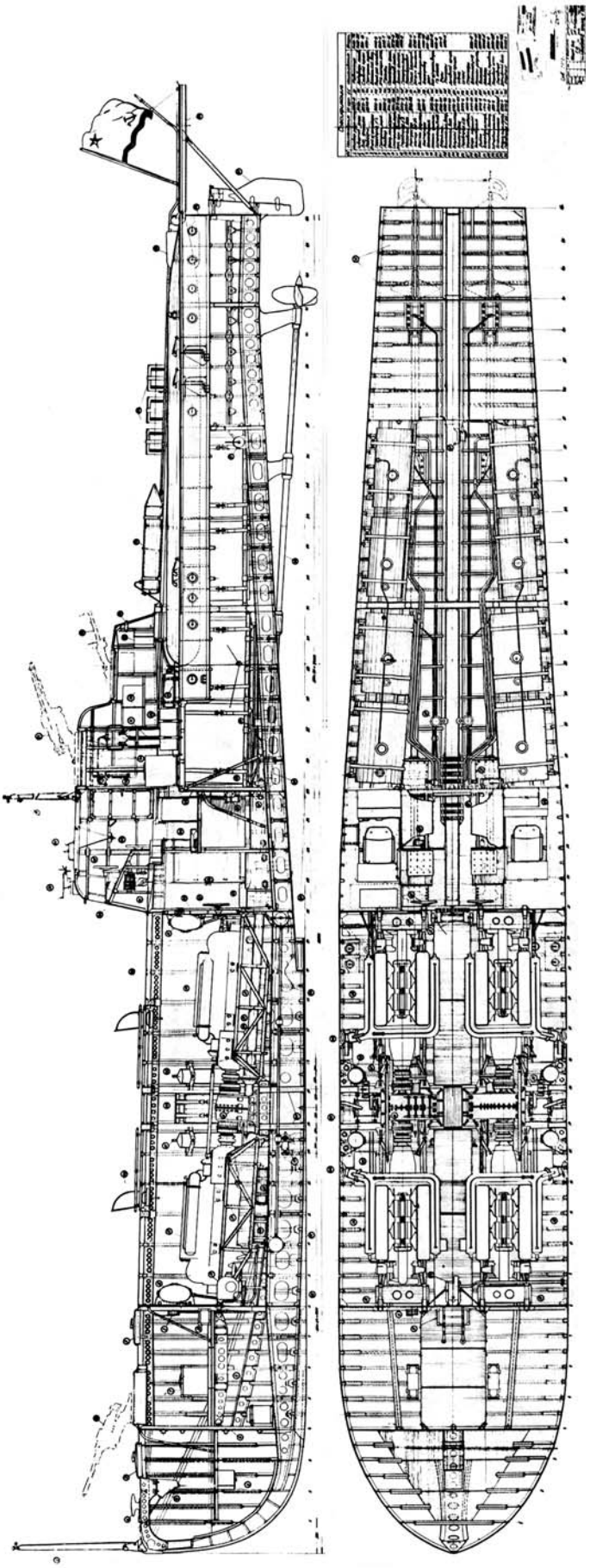
Не менее драматично сложилась судьба и другого ТК повышенной мореходности СМ-4 — стального аналога Г-8. Дело в том, что в начале 1935 г. параллельно с выдачей задания на проектирование Г-8 с заводом им. А. Марти был заключен прямой договор на разработку проекта торпедного катера «повышенной» мореходности «типа Г-8». Мореходность катера должна была обеспечиваться при ветре до 6 баллов, скорость хода при этом составлять не менее 40 уз, а на тихой воде — 55—60 уз, дальность плавания доходить до 240 миль. Вооружение включало две 533-мм торпеды, одну 37-мм, одну 20-мм артустановки, два 7,62-мм пулемета.

Разработать корпус предлагалось в трех вариантах: «из алюминия, дерева и комбинированный —



Торпедный катер Г-8. Наружный вид

[1]Приказом НК ВМФ № 0022 от 27 января 1940 г. введена классификация ТКА, разделяющая катера на два типа — катера «дальнего действия» и «прибрежные».



Торпедный катер Г-8. Чертеж общего расположения

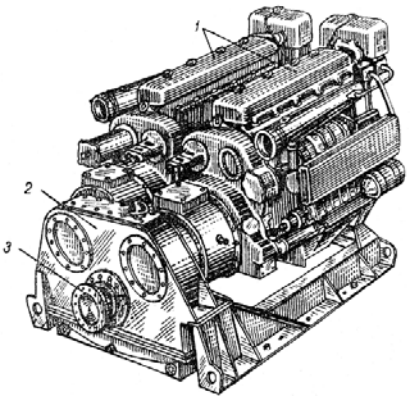
подводная часть сталь, остальное — алюминий». После утверждения технического проекта требовалось заключить договор с заводом на разработку рабочих чертежей и постройку катера со сроком предъявления его к приемным испытаниям не позднее 1 июня 1936 г. 5 апреля 1935 г. КБ завода им. А. Марти запросило в Отделе кораблестроения (ОК) ВМС РККА «все имеющиеся материалы по Г-8, в том числе теоретический чертеж, разработанный ЦАГИ». Получив ответ, что «просимых материалов у ОК ВМС нет», бюро завода 10 июня 1935 г. самостоятельно разработало теоретический чертеж ТКА «типа Г-8» и передало его в Научно-исследовательский институт военного кораблестроения для производства модельных испытаний. В ходе проектирования завод сохранил состав механической установки из четырех двигателей ГАМ-34 и двухвальную гребную установку Г-8 варианта ЦАГИ. Определенную трудность представляла разработка суммирующего редуктора большой мощности (2x850 л. с.), поэтому завод в июле 1935 г. обратился в Остехбюро с просьбой ознакомиться с приобретенным Остехбюро во Франции катером фирмы Виснера, оснащенным таким редуктором, и с документацией на него. Под руководством талантливого инженера А. М. Радова КБ завода сумело переработать эти чертежи, а завод изготовил редукторы для головного катера.

В августе 1935 г. военпреды В. Д. Залога и Д. Л. Блинов предложили заводскому КБ оценить возможность замены всей обшивки корпуса с дюралевой на стальную. Проработав этот вопрос, бюро пришло к выводу, что масса корпуса увеличится на 4 т, а скорость снизится до 50 уз. Затем В. Д. Залога и Д. Л. Блинов предложили отступить от требований железнодорожной габаритности, то есть ограничений размерений корпуса, вызванных условиями транспортировки ТКА на железнодорожных платформах. Увеличение ширины с 3,7 м до 4,2 м решало вопросы остойчивости при стальном варианте корпуса, а также давало ряд преимуществ и удобств по обслуживанию механической установки.

Разработка проекта завершилась в начале октября, после чего военпреды В. Д. Залога и Д. Л. Блинов

выступили с инициативой представить в составе проекта вариант полностью стального мореходного негабаритного торпедного катера «типа Г-8». 19 октября 1935 г. уполномоченный ОК ВМС в Ленинграде Кудзи и старший военпред Блинов направили в ОК ВМС РККА уже на подпись договор «на проектирование стального мореходного килеватого негабаритного торпедного катера типа Г-8 заводом имени А. Марти», предложив аннулировать прежний договор на разработку ТКА типа Г-8. Новый договор № 221735 был подписан 14 ноября 1935 г. К нему были приложены технические требования. Скорость хода при ветре 6 баллов была снижена до 30 уз, скорость хода на тихой воде — до 45 уз. Дальность плавания осталась прежней — 240 миль. Вооружение должно было состоять из двух 533-мм торпед с торпедными аппаратами бортового сбрасывания («по образцу итальянских катеров»), двух 12,7-мм и одного 7,62-мм пулеметов. Опытный ТКА надлежало предъявить к испытаниям не позднее 15 октября 1936 г.

Главным конструктором проекта, которому присвоили индекс СМ-4, назначили В. А. Лосева. Примерно в это же время был подготовлен проект Постановления Совета Труда и Обороны, один из пунктов которого гласил следующее: «В целях повышения мореходности ТКА признать необходимым продолжить разработку ТКА с более высокими мореходными качествами, для чего обязать НКТП ускорить проектирование и постройку следующих опытных ТКА повышенной мореходности со сроками готовности к испытаниям: а) ЦАГИ — реданный катер Г-8 (из кольчугалюминия) — к 1/7-1936; б) Завод «Марти» — нереданный катер конструкции завода (стальной) — к 1/7-1936».



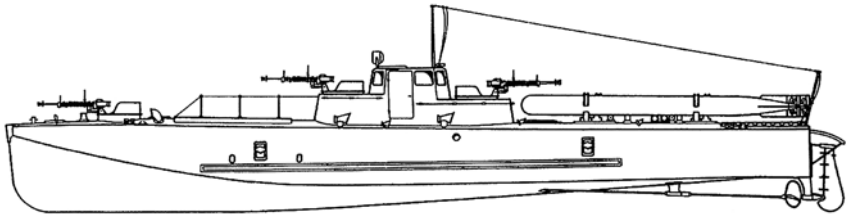
Установка двух двигателей, работающих на гребной вал через редуктор:
1 — главные двигатели; *2* — редуктор; *3* — выходной фланец

Этим планам не суждено было сбыться. Как уже отмечалось выше, после ареста в октябре 1937 г. А. Н. Туполева работы по катеру Г-8 застопорились. То же самое происходило и с работами завода им. А. Марти по катеру СМ-4. В 1936 г. в связи с многочисленными поломками катеров Г-5 на заводе было арестовано все руководство КБ — К. В. Попов, Г. Н. Волков, Б. Л. Богданов, Б. С. Пахомов, а также многие ведущие специалисты. В результате работы по СМ-4 также оказались приостановленными. Почти два года готовый корпус СМ-4 простоял в цехе № 17 и только в 1940 г. был дооборудован и предъявлен на испытания.

Испытания ТКА СМ-4 проходили с 19 сентября по 20 ноября в Финском заливе и выявили существенный недобор скорости. Если по спецификации на тихой воде катер должен был развить скорость не менее 45 уз, то фактически она составила только 39,5 уз. Расчеты показали, что при тщательной подборке гребных винтов можно было бы ожидать увеличения скорости до 41—42 уз, то есть недобор скорости составлял бы в лучшем случае 3—4 уз. Спецификационное водоизмещение в 37,3 т также оказалось превышенным и составило 38,6 т, а суммирующие редукторы оказались сложными в изготовлении.

Выводы комиссии, проводившей испытания СМ-4, были неутешительными: «...кроме отмеченных отступлений от спецификации катер СМ-4 по ряду ТТЭ, имеет худшие данные, нежели уже принятый на вооружение катер Д-3, а также ничем не оправданную усложненную по сравнению с Д-3 механическую установку. В результате длительного срока постройки (с 1936 г.) у катера СМ-4 устарели ТТЭ и катер ни в коем случае не может пойти в серийную постройку...» Так решилась судьба ТКА проектов Г-8 и СМ-4.

Опытный экземпляр катера Г-8 в годы Великой Отечественной войне действовал на Черном море. Катер СМ-4 только 8 августа 1941 г. был принят в состав ВМФ, но без торпедного вооружения, и использовался на Балтике в качестве малого охотника в истребительном отряде Охраны водного района.



Торпедный катер типа СМ-4 (реконструкция автора)

Тактико-технические элементы торпедных катеров

ТТЭ	Ш-4	Г-5	Г-8	СМ-4
Длина наиб., м	17,3	19,1	24,2	23,2
Ширина наиб., м	3,30	3,3	3,8	4,6
Осадка корп. ср., м	0,56	0,66	0,89	0,95
Осадка габ.по гр .в., м	0,81	1,18	1,31	1,50
Водоизмещение, т	10	14,5	29,5	38,6
Мощность двиг. л. с.	2x600	2x850	4x1000	4x1000
Скорость макс., уз	50,5	52	48,3	41—42
Дальность плав., миль (скор. в уз)	250	250	240 (40)	300 (32)
Мореходность, баллы	2—3	3	5	5
Торпедное вооружение	2 — 450-мм желоб.	2 — 533-мм желоб.	2 — 533-мм желоб.	2 — 533-мм БС-7
Арт. вооружение	1 — 12,7-мм	1 — 12,7-мм	2 — 12,7-мм 1 — 7,62-мм	3 — 12,7-мм
Противолодочное вооружение (МГБ — малые глубинные бомбы)	2 — МГБ	—	8 — МГБ	10 — МГБ
Материал корпуса	дюралюмин.	дюралюмин.	дюралюмин.	сталь

ПРИБОР ЛЕЙТЕНАНТА ФРОЛОВА

И. М. Кокцинский, e-mail: vehostav@yandex.ru

УДК 629.5.02-81(091)

В конце XIX века военно-морской флот нуждался в портативном проверочном приборе запальных цепей морского минного оружия. Первые гальванические батареи могли взрывать одни запалы и не взрывать другие — большего сопротивления. Многое зависело от уровня развития техники и подготовленности специалистов. Бывали случаи, когда запал срабатывал спустя восемь с половиной часов после замыкания батареи.

Сначала для контроля использовали гальваноскоп. Так как у запалов, изготовленных по технологиям 70-х годов XIX века, сопротивления различались, то проверяли не только отсутствие замыкания между проводниками, а также между корпусом капсюля и проводниками.

В то время к гальваническим батареям предъявляли следующие требования:

— батарея должна давать постоянный ток достаточной силы для взрыва запала с проводниками известной длины;

— батарея не должна быстро разряжаться.

— внутренние сопротивления батареи и запала должны быть равными.

На флоте процесс контроля за качеством запалов, гальванических батарей, электровзрывных цепей усложнялся недооценкой роли и места подводного минного оружия в тактике и структуре флота, в то время как «минное дело требовало изучения, а не ...торопливого отношения к нему...»

Сказывалось и отсутствие специальной литературы, нормативных требований к конструкциям мин, запалов, проводников, единой математической базы для их расчетов, а также компактных измерительных приборов для действия в полевых и корабельных условиях.

Кроме того тяжелые, громоздкие, ненадежные и неудобные на практике гальванические элементы и батареи, выделяющие вредные газы, нуждались в постоянном контроле, а разнотипность запалов требовала создания отдельных инструкций для их применения.

В конце 70-х гг. лейтенант Э. Н. Щенснович предложил способ, в основе которого лежало измерение сопротивления запалов в заранее известном диапазоне. Основой изобретения служил элемент, состоящий из двух фиксированных сопротивлений, которые можно было попеременно подключать к общей схеме. Внедрению способа на кораблях препятствовала конструкция гальваноскопа, так как на показания его чувствительного элемента (стрелка на нитке) влияли качка и крен (рис. 1). К тому же при «недостаточной чистоте контактов» прибор мог давать большую погрешность, поэтому нуждался в периодических осмотрах и проверках.

Причиной неисправности запалов могло стать внутреннее короткое замыкание его проводников с медной трубкой-оболочкой. Хрупкость запалов, их непостоянное сопротивление превращали их проверку в серьезную проблему, а измерять запалы большого сопротивления требовалось раз в неделю. При этом проверка запалов, вставленных в пироксилин, проводилась на берегу или на шлюпке, удаленной от борта корабля, что оказалось неудобным и опасным.

К концу 80-х гг. техническое оснащение позволяло минерам проводить проверку запала пропусканием через него слабого тока. По отклонению стрелки гальваноскопа судили о годности запала. Таким способом проверяли снаряженные запальные заряды при приемке их на корабль и перед взрывом после того, как шест с миной будет выдвинут. Однако ящик с гальваноскопом было неудобно эксплуатировать. Если же пробный элемент ошибочно заливали соленой водой, проверяемый запал взрывался. (Специальные пробные запалы для проверки электровзрывной цепи появились несколько лет спустя.)

В 90-х годах на флот поступил прибор лейтенанта Э. Н. Щенсновича. К тому времени были утверждены новые требования к запалам, в том числе: взрыв запала должен подрывать взрывчатое вещество в мине, и запалы не должны взрываться «от слабых механических действий», от незначительного повышения температуры или от слабого электрического тока.

Изменили в сторону ужесточения и правила приемки. На кораблях появились контрольные приборы, такие как гальваноскоп Эллиота (буссоль). Он представлял собой круглую коробку из меди, помещенную в кожаный футляр с ремнем для ношения. В особом гнезде находилась магнитная стальная пластина, фиксирующая стрелку гальваноскопа в положении, не зависящем от курса шлюпки. Контактные кольца исключали прерывание цепи. И все-таки процесс проверки был неудобен: измеряя нижний и верхний предел сопротивления, каждый раз при-

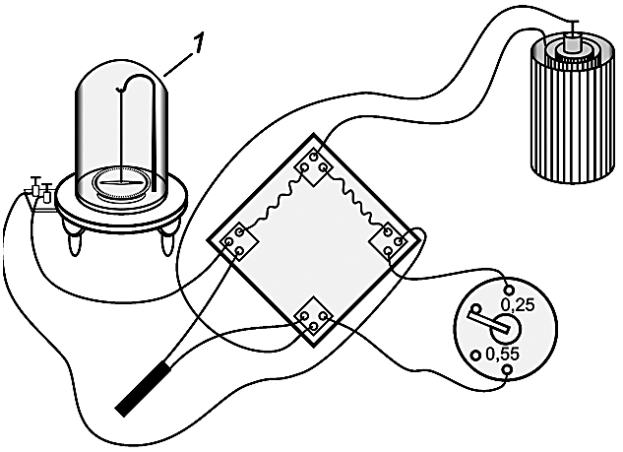


Рис. 1. Измерение сопротивления запалов по способу, предложенному Э. Н. Щенсновичем: *1* — гальваноскоп со стрелкой на нитке (Чертежи к практическому руководству по минному искусству. СПб., 1880. Приложение. Чертеж 31)

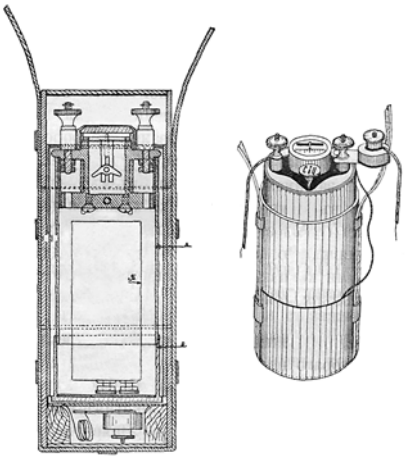


Рис. 2. **Внешний вид и разрез проверочного прибора (Учебник для заграждателей. СПб., 1913)**

ходилось передвигать контакт вдоль шкалы.

Между тем флот продолжал нуждаться в портативном проверочном приборе, годном к действию в любую погоду (дождь, качка не должны искажать показания).

В 1904 г. приняли минный испытатель (омметр). Стала возможной проверка исправности изоляции кабеля.

Вновь уменьшили и нормы проверки запалов, но в целом такие «проверочные ящики» не удовлетворяли минеров, так как в начале измерений стрелку гальваноскопа каждый раз приходилось «приводить к нулю», а быстрое высыхание элементов и большие размеры самого прибора усложняли его эксплуатацию.

В 1907 г. стали пользоваться цилиндрическими проверочными приборами меньшего размера (рис. 2). Но и он был небезопасен, так как при неисправности мог привести к взрыву запала. Поэтому пришлось ввести в схему деталь с добавочным сопротивлением.Однако снятие отсчетов нельзя было назвать быстрым.

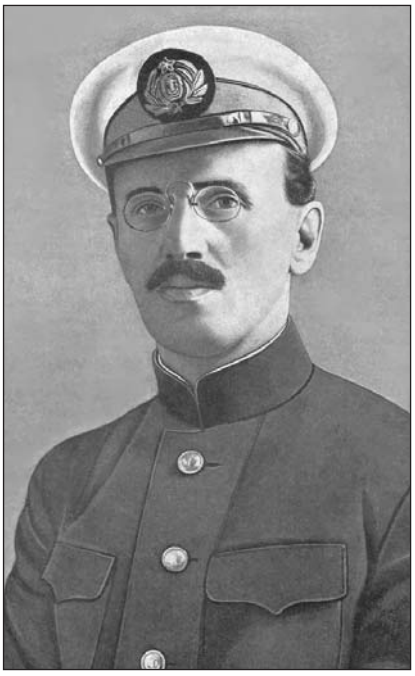
В 1912 г. приняли прибор лейтенанта Р. Н. Фролова (рис. 3). Контроль исправности прибора проводили перед проверками короткого замыкания цепи и перед проверкой запалов. Описание, правила обращения были простыми, какими и должны быть эксплуатационные документы.

Применение прибора Фролова не ограничивалось только прямым назначением — работой с минами заграждения. Перед каждой стрельбой пробными запалами проверяли аккумуляторные батареи и цепи стрельбы торпедных аппаратов. При практических стрельбах в корпусах мин (без взрывчатого вещества) устанавливали боевые запальные устройства. Также нуждались в приборе службы, занимающиеся хранением, проверкой, регулировкой, ремонтом мин и пр. Позже не обходилась без него и минно-торпедная авиация ВМФ.

К достоинствам прибора относили его надежность, компактность и цельность конструкции без каких-либо дополнительных подключаемых деталей и приборов, а также небольшой вес и габариты.

Не последнюю роль играла и его дешевизна при изготовлении, возможность производства на любом предприятии, применение в конструкции недефицитных материалов.

По этим причинам на базах оружия, надводных кораблях и подводных лодках до сих пор находится прибор Фролова. За годы эксплуатации ни его внешний вид, ни устройство не изменились. Одно лишь гнездо, где находится сухой гальванический элемент, немного меняло форму и размеры.



Р. Н. Фролов (1882—1933)

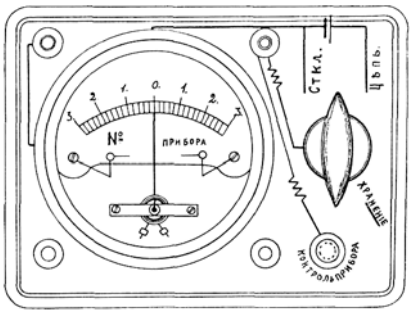


Рис. 3. **Внешний вид прибора Фролова. Начало XX века (Учебник для заграждателей. СПб., 1913)**

Можно сказать, что прибор лейтенанта Фролова завершил многолетние усилия специалистов по поиску приспособления, позволяющего быстро и удобно проверять запалы, запальные цепи при окончательном снаряжении мин перед их постановкой и при подготовке электровзрывных сетей при подрывных работах. Конечно, прибор в представленном в 1912 г. виде не мог появиться в 1870—1880 гг., потому что сухие элементы питания и гальванометры небольших размеров создали позже. Но он органично вобрал в себя все полезные наработки предшественников: идею лейтенанта Э. Н. Щенсновича о включении в схему дополнительных сопротивлений, всеобщую тенденцию сделать новое устройство переносным с возможностью использования, прежде всего, в полевых и корабельных условиях.

Сто лет служит прибор Фролова на флоте, а вот о самом инженере-электрике Романе Николаевиче Фролове сейчас известно немного. Родился он 27 августа 1882 г. На службе числился с 1904 г.: мичман (1905 г.), лейтенант (1909 г.) и старший лейтенант (1915 г.). С 1909 г. он — преподаватель Минного офицерского класса и постоянный член по электротехнической части в комиссии для наблюдения за постройкой кораблей в Балтийском море. В советское время преподавал в Военно-морской академии, профессор, автор многих работ по электротехнике (некоторые выдержали даже девять изданий). Скончался Роман Николаевич Фролов в 1933 г.

О НОВАТОРСКОМ ОПЫТЕ РОССИИ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ПОДВОДНОГО ФЛОТА

(*В порядке обсуждения*)

УДК 629.5.02-81(091)

Б. Д. Клевакин, e-mail: kbdom@mail.ru

В настоящее время с учетом изменившихся технических возможностей, геополитической ситуации, стратегии ведущих морских держав меняются задачи и облик подводных сил. Подводные лодки (ПЛ), оторвавшись от берегов, освоили океанские просторы и уверенно действуют в прибрежной зоне. Таковы, например, атомные подводные лодки (АПЛ) новейших типов «Сивулф» и «Вирджиния». Наращиваются ударные подводные силы, приобретая черты стратегических. Атомные подводные лодки с баллистическими ракетами типа «Огайо» перевооружаются, получая боезапас крылатых ракет до 160 ед., которые способны поражать цели с точностью уже не в несколько сот метров, как баллистические ракеты, а с точностью в несколько метров.

В российском подводном флоте ожидается поступление новых субмарин: многоцелевые АПЛ 4-го поколения проекта «Ясень»; стратегические АПЛ проекта «Борей», которые должны стать основой морских ядерных сил [1]; в конце 90-х годов XX века началось строительство неатомных ПЛ 4-го поколения (пр. 667 «Лада»).

Нужно учитывать, что большинство реализуемых в настоящее время отечественных разработок заложены еще в 70—80-е годы прошлого века с расчетом на 20—30 лет вперед и являются последним новаторским заделом советского времени. Эти проекты являются, в основном, дальнейшим совершенствованием АПЛ традиционных типов и не полностью удовлетворяют сложившиеся реальные потребности настоящего и ближайшего будущего времени.

Несомненно, что в нынешних геополитических условиях России, при новых военных вызовах, диктующих цели и задачи для российского ВМФ, а также при скромных экономических возможностях, эффективное развитие и строительство ВМФ нужно вести именно на новаторской основе. И хотя новаторский подход необходим в любой части техносферы, однако решающую роль он играет в развитии наиболее высокотехнологичных областей, включая задачи перевооружения подводного флота. Здесь следует учитывать, что новаторство, как проявление и продукт интеллектуальной деятельности разработчиков, не только является результатом существующего научно-технического потенциала и его обеспечения, но, в свою очередь, диктует условия расширения научной и технической базы. Общеизвестно, насколько деградировала эта область в последние десятилетия — потеря научных заделов, научных школ и организаций. Были утрачены многие технологии вместе с сырьем, оборудованием, кадрами и предприятиями. Ситуация усугубляется также проблемами в системе образования и нарушением кадровой преемственности.

Сегодня скудость отечественных новаций и засилие иностранных компонент в нашей техносфере, увы, порождают обманчивый образ отечественной бездарности, беспомощности, невостребованности. Инновационная деятельность в стране ассоциируется лишь с сиюминутной коммерческой выгодой, а вместо творческих усилий предпочитаются авантюры — все как в атмосфере провинциальной России времен НЭПа.

В этих условиях уместно вспомнить новаторский опыт России в области подводного флота, который достойно проявился не только в советский период [2], но имеет глубокие исторические корни. Анализ этого опыта, осмысление исторических примеров поможет оценить творческий потенциал, традиции и опыт российских изобретателей, увидеть оптимистическую перспективу новаторского развития в области подводного судостроения.

Под новаторским развитием принято понимать техническое решение, применяемое в данной области впервые или обладающее существенным отличием от прототипа и содержащее признаки изобретения. В рассматриваемой области техники восстановление приоритетов является особенно трудным занятием в силу сложности данной области и новаторского процесса, а также того, что рекламная и патентная деятельность здесь не играли своей обычной роли, большинство военных разработок годами держались в секрете. Впоследствии исторические комментарии к открытиям и изобретениям в разных странах могут звучать по-разному. Однако можно предположить, что информационные погрешности в общедоступных источниках информации примерно равны в отношении всех стран — участниц новаторского процесса. Т. е. сравнительный анализ новаторской активности морских держав (учитывая эпизоды проектирования ПЛ с внедрением или без внедрения новаций) можно провести даже на основе компилятивных источников. Цель нашего анализа — не отыскание точного количества изобретений, сделанных в России (это практически невозможно), а восстановление качественной картины новаторских усилий всех стран и того места, которое в ней занимала Россия. За основу статистики нами взяты исследования [3, 4], где отражен если не весь опыт работ в данной области, то вполне достаточный для сравнительного анализа перечень исторически значимых эпизодов. Использованы также мемуары [5], зарубежные издания по данной теме [6, 7], а также современные отечественные издания [8].

При построении хронологии развития подводного судостроения можно условно принять за начало отсчета 1620 г., когда в Англии голландский врач и механик К. Ван-Дреббель построил лодку, способную перемещаться под водой [3]. Заметим, к сведению, что этим же временем датируются ссылки на первые опыты подводного плавания восточных славян [3].

Всего в доступных источниках информации цитируются около 90 эпизодов проектирования и строительства ПЛ в XVII—XIX веках. И хотя существуют «забытые проекты» (например, несколько десятков разработок субмарин, принявших участие в открытых конкурсах во Франции в конце XIX в. и не описанных в литера-

туре), мы предполагаем, что распределение проектов по странам происхождения примерно соответствует тому, которое отражено в доступных источниках информации.

Общепризнано, что российские изобретатели внесли достойный вклад в развитие данной области техники: проект ПЛ с электродвигателем (1854 г.) [4]; проект ПЛ с пневматической силовой установкой (1854 г.) [4]; проект с раздельной силовой установкой подводного и полуподводного хода — пневматическая и паровая соответственно (1875 г.) [4]; проект с единой паросиловой установкой (1876 г.) [4]; винтовой движитель с изменяемым вектором тяги (1879 г.) [3,]; водометный движитель с изменяемым вектором тяги (1883 г.) [3], [4]. Здесь перечислены лишь некоторые наиболее интересные изобретения российских новаторов. Эти приоритеты, как и любое авторство в истории техники, могут оспариваться, но цель нашего анализа — лишь показать общую историческую тенденцию. А она выглядит примерно так:

в период 1620—1650 гг. в мире известны три проекта, два из них внедрены, российский опыт неизвестен;

в 1651—1700 гг. в общедоступных источниках опыт создания ПЛ не зафиксирован;

в 1701—1750 гг. мировой опыт неизвестен, в России известен один проект с внедрением;

в 1751—1800 гг. в мире известны четыре проекта, три из них внедрены; в России известны два проекта;

в 1801—1850 гг. в мире известны восемь проектов, семь из них внедрены; в России известны четыре проекта, два из них внедрены;

в 1851—1900 гг. в мире известны 34 проекта, 32 из них внедрены; в России известен 31 проект,10 из которых внедрены.

Сравнительный анализ полученных обобщенных данных приводит к следующим выводам:

1) достоверно известный опыт мирового судостроения ПЛ на сто лет старше российского, но после первых эпизодов имеет перерыв в полтораста лет, после чего он непрерывен и достигает максимума во 2-й половине XIX в.;

2) российский опыт берет начало в Петровскую эпоху, затем имеет более чем полувековой перерыв, после чего он непрерывен и достигает максимума во 2-й половине XIX в.;

3) российский новаторский опыт составляет половину мирового опыта в период 1751—1800 гг. и — более половины мирового опыта в 1851—1900 гг.

Можно заметить, что со второй половины XVIII в. и до конца XIX в. активность русских изобретателей высока и составляет не менее половины мирового опыта. С учетом того, что участниками подводного судостроения являлись Франция, Англия, Северо-Американские Соединенные Штаты, Германия, Испания, Италия, можно заключить, что активность российских изобретателей в области строительства ПЛ была в это время самой высокой среди стран-участниц этого процесса.

Таким образом, во время зарождения и становления подводного судостроения в период 1751—1900 гг. российские новаторы проявили едва ли не самую высокую творческую активность. Они создали богатые традиции в данной области.

Активность изобретателей имела стихийный характер и исходила, в основном, из личных побуждений энтузиастов. Чаще всего изобретатели не имели профильного образования. Первым российским строителем ПЛ считается корабельный плотник Е. Никонов [9], а создателем первой ПЛ, прошедшей опытную эксплуатацию, стал петербургский художник-фотограф И. Ф. Александровский. Силовую установку для этой субмарины создал преподаватель русской литературы Гельсингфорсского университета С. И. Барановский. Наиболее удачливым и результативным разработчиком в этой области можно считать профессионального изобретателя С. К. Джевецкого. В этом человеке широкого круга интересов сочетались природная одаренность, прекрасное образование, материальная независимость, административный талант. Это — удачный набор качеств, необходимых изобретателям для успешной работы. Однако их всех объединяло главное — высокий творческий потенциал, побуждающий разночинных изобретателей к плодотворной активности. Это качество можно считать необходимым условием новаторской успешности.

Можно заметить, что в период 1801—1900 гг. в мире внедряется больше проектов, чем в России, и число их растет, в России — уменьшается. При этом встречались факты утечки российских новаций за рубеж во второй половине XIX в. Характерно, что и в области судостроения, и в области агрегатного обеспечения, и других областях, связанных с созданием субмарин (до появления ПЛ с электродвижением), российское судостроение в рассматриваемый период времени было технически самодостаточным. Исключение составляли лишь некоторые технологические элементы.

Исторический опыт показывает, что проблема внедрения новаторских проектов, актуальная «вчера» и «сегодня», уходит корнями в давнее прошлое. Ее причиной всегда было не только технологическое отставание, при котором внедрение отстает от новаций по мере технического и технологического усложнения проектов, но также административная инерция ведомств принимающих решение. По этой причине, несмотря на высокую новаторскую активность и значительный вклад России в развитие данной области техники на этапе ее зарождения и становления ПЛ как боевой силы, результаты отечественного практического строительства и применения новаторских боевых средств оказались весьма скромными. Этот вывод подтверждает опыт русско-японской войны 1904—1905 гг., первой мировой войны 1914—1918 гг., а также русско-турецкой войны 1877—1878 гг., когда в морском ведомстве вопрос о ПЛ даже не принимался к рассмотрению.

С другой стороны, сами по себе инновационные проекты в подводном судостроении объективно считались экономически оправданными. ПЛ появились, прежде всего, как более дешевое и эффективное средство противодействия традиционным (и дорогостоящим) боевым средствам. Эта особенность подводных боевых средств стала мотивом создания «подводного снаряда» Никонова, американских субмарин «Черепаха», «Ханли», послужила толчком к созданию ПЛ в России во второй половине XIX в. и т. д. Дальнейшее развитие новаторских решений позволяло еще более увеличить эффективность вооружения. Так, например, И. Ф. Александровский изготовил вторую ступень подвод-

ного боевого средства в виде уменьшенной автономной модели своей ПЛ, назвав ее «торпедо» и обеспечил возможность еще больше увеличить соотношение стоимости объекта поражения и средства поражения. Известно, что опытный экземпляр торпеды изобретатель изготовил за свой счет в обычной слесарной мастерской. Это поучительный пример того, как эффективное решение может быть найдено на основе новаторского подхода без развития технического потенциала.

Говоря о судьбоносности новаторских решений в подводном судостроении, следует ожидать новых эффективных решений и расширения их сферы действия. Например, современные средства обнаружения и поражения существенно ограничивают боевые возможности субмарин. Очевидно, что при нахождении в надводном положении ПЛ, даже по определению, перестает быть таковой, лишаясь одного из основных своих качеств — скрытности. Таким образом, при нахождении в базе и на подходе к ней ПЛ существует, скорее, лишь как учетная единица, но не как боевая. Необходимо минимизировать в жизненном цикле субмарины, как боевого средства, этапы базирования, а также пребывание в районах наиболее вероятного обнаружения. Кажется странным, что ПЛ возит с собой боезапас стратегических ракет и в процессе смены экипажа, и при возобновлении жизнеобеспечения и т. д. Для сравнения: стратегические ракеты шахтного базирования не снимают с боевого дежурства во время замены боевого расчета или технической смены. Здесь очевидными являются назревшие проблемы в данной области, требующие решения.

Большая потребность в новаторском подходе возникает в связи с изменением геополитических, климатических условий. Возникают новые трудоемкие задачи в связи с освоением северных шельфов, открытием полярных морей для судоходства, контроля северного побережья и т. д. С целью снижения затрат, например, для контроля периметра северного побережья России в перспективе целесообразно использовать сеть подводных обитаемых или необитаемых станций и гидрофонов, возможно, оснащенных необходимым вооружением. Можно предположить, что для автономного энергетического и транспортного обеспечения периметра северного побережья России, а также районов подводных разработок целесообразно использовать подводные энергетические модули, созданные, например, на базе ПЛ, выведенных из боевого состава флота, после проведения соответствующих работ и модернизации, развивать подводные способы транспортировки добываемых природных ресурсов на основе использования подводных танкеров, барж и буксировщиков.

Можно вспомнить также русского изобретателя Апостолова, который в 80-е годы XIX в., наряду с довольно фантастическим проектом ПЛ (отмеченным, однако, специальным призом за оригинальность на выставке в Париже), предлагал еще один. Это был проект судна, подводная часть которого выполнена в виде герметичных подводных кессонов, на которых закреплена надводная часть. Такое решение воспроизводилось примерно через сто лет в популярной технической литературе. Однако эту конструкцию было бы интересно рассмотреть применительно к судам, преодолевающим ледовые поля, позволяющую снизить усилие, необходимое для ломки льда из-за меньшей ширины прохода. Также возможно применить схему обратного взламывания льда «снизу-вверх», за счет обеспечения избыточной плавучести подводных кессонов. Такой способ, возможно, позволит снизить усилие разрушения льда за счет исключения распределенной опоры в виде поверхности воды. Таким образом, можно увидеть много проблем, стоящих перед российскими кораблестроителями и флотом, а также пути их решения на новаторской основе, с учетом, в том числе, исторического опыта развития подводного флота.

Увы, исторический опыт отечественного новаторства говорит об отсутствии традиции бережного отношения к изобретателям. Их творческая деятельность всегда была связана с различными рисками и требовала большой жертвенности. Например, изобретатель Е. Никонов добровольно жертвовал едва ли не жизнью, предлагая свой проект самому царю. В итоге своей новаторской деятельности он был сослан на строительство отдаленного астраханского порта. Изобретатель И. Ф. Александровский, оставив принадлежавший ему лучший в Санкт-Петербурге фотосалон ради своего проекта, оказался в приюте для бедных. Это лишь частные, но весьма показательные эпизоды отечественной новаторской деятельности, но они побуждают к серьезным выводам в современных условиях. Известно, что многие научно-промышленные предприятия самостоятельно занимаются формированием новаторской среды, не рассчитывая на эффективность государственных мер. В частности, неопределенность перспективы отечественной системы образования и снижение качества образования подталкивают предприятия к самостоятельному осуществлению образования и подготовки кадров по оптимальным программам.

В последние годы в стране официально провозглашен курс на инновационный прорыв в сфере высоких технологий, который, однако, заметно пробуксовывает. В этих условиях обращение к историческому опыту как никогда актуально.

Уроки истории говорят о том, что прорыв в области высоких технологий возможен при наличии высокоэффективной новаторской среды, обеспеченной комплексными усилиями государства. При этом задача остается актуальной даже при скромных ресурсах. Именно такой подход позволит обеспечить безопасность и конкурентоспособность нашей страны.

Литература

1. *Тарас А. Е.* Атомный подводный флот. М.: АСТ, 2005.
2. *Клевакин Б. Д.* Из истории подводного флота в XX веке. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010.
3. *Трусов Г. М.* Подводные лодки в русском и советском флоте. Л.: Судпромгиз, 1957.
4. *Шапиро А. С.* Самые нелегкие пути к Нептуну. Л.: Судостроение, 1988.
5. *Крылов А. Н.* Мои воспоминания. Л.: Судостроение, 1979.
6. *Данмор С.* Погибшие подлодки: величайшие катастрофы от «Ханли» до «Курска» /С. Данмор. Пер. с англ: Ю. О. Соколова. М.: ООО «ТД "Издательство Мир книги"», 2005.
7. Подводные лодки: Свыше 300 подводных лодок всех стран мира/пер. с англ. А. Николаева. М.: ООО «Издательство АСТ», 2001.
8. *Лавров В. Н.* Первые российские подводные плаватели. СПб.: Судостроение, 2006.
9. *Быховский И. А.* Петровские корабелы. Л.: Судостроение,1982.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.313:629.5 **Ключевые слова:** надводный корабль, подводная лодка, единая электроэнергетическая система, концепция.

Томилин С. А., Ясаков Г. С. Проблемы создания кораблей с электродвижением//Судостроение. 2013. № 3. С. 11—14.
Проанализированы тенденции создания кораблей с полным электродвижением, представлены зарубежные и отечественные внедрения единых электроэнергетических систем, названы задачи принятой концепции создания электрифицированных кораблей ВМФ. Ил. 5. Табл. 1.

УДК 629.5.03 **Ключевые слова:** безэкипажный катер, береговая охрана, автономное управление.

Русин А. С., Серафимович П. О., Скориантов Н. Н., Костиков Е. А. Тенденции развития безэкипажных катеров//Судостроение. 2013. № 3. С. 15—17.
Обзор безэкипажных катеров, созданных для ВМС за рубежом, их некоторые характеристики и используемое оборудование, решаемые такими катерами задачи. Перспективы создания безэкипажных катеров для отечественного ВМФ. Ил. 5.

УДК 623.946.8 (104) **Ключевые слова:** необитаемые подводные аппараты, вооружение, исследования.

Быстров Б. В., Пироженко В. А. Методологические основы обоснования концепций самоходных автономных необитаемых подводных аппаратов//Судостроение. 2013. № 3. С. 17—20.
Анализируются перспективы применения самоходных автономных необитаемых подводных аппаратов для океанографических исследований, а также в системе вооружений военно-морских флотов. Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

УДК 629.5.04.001.63 **Ключевые слова:** архитектурно-художественное проектирование, корабельное помещение, дизайн.

Соловьев С. Н. Комплексный подход к архитектурно-художественному проектированию корабельных помещений//Судостроение. 2013. № 3. С. 20—24.
Анализ существующего подхода к проектированию корабельных помещений, рекомендации по системному комплексному подходу к данной работе, опыт переоборудования офицерских помещений с привлечением специализированных компаний. Ил. 4.

УДК 621.43 **Ключевые слова:** прогнозы риска, отказ элементов, судовые энергетические установки.

Медведев В. В., Семионичев Д. С. Определение тяжести последствий отказа элементов в процессе прогноза риска эксплуатации СЭУ//Судостроение. 2013. № 3 С. 25—26.
Разработана матрица, позволяющая присвоить уровень опасности каждому нежелательному событию с элементами судовой энергетической установки в соответствии с методом анализа характера отказов и их последствий и методом количественной оценки риска. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.436 **Ключевые слова:** высокооборотный дизель, дизелестроение, судостроение, машиностроение.

Плавник П. Г., Лерман Е. Ю. Российские высокооборотные дизели — сегодня и завтра//Судостроение. 2013. № 3. С. 27—30.
Рассматриваются вопросы судового дизелестроения в настоящее время и на перспективу. Приводятся основные параметры судовых дизелей и их компоновочные решения. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

УДК 629.5.083:629.5.03-8 **Ключевые слова:** ЯЭУ, техническое состояние.

Шевченко В. Г., Швеев В. И., Марчук А. Ю. Основы прогнозирования технического состояния оборудования ядерной энергетической установки//Судостроение. 2013. № 3. С. 30—33.
О важнейших задачах прогнозирования технического состояния ЯЭУ. Ил. 4. Библиогр.: 2 назв.

УДК 629.5.083 **Ключевые слова:** ядерная энергетическая установка, подводная лодка, авианосец.

Петров С. А., Неевин С. М., Соколова Л. Б. Совершенствование корабельных ЯЭУ зарубежных государств//Судостроение. 2013. № 3. С.33—36.
Анализируются основные направления развития ядерных энергетических установок для подводных лодок и авианосцев ВМС США, Великобритании, Франции и Китая. Ил. 4. Библиогр.: 5 назв.

УДК 534.286.2 **Ключевые слова:** уплотнительные материалы, герметичность, протечки, нормативные требования.

Лазаревский Н. А., Тепляков М. В. Нормативные требования по величинам протечек для устройств уплотнения и результаты опытов с некоторыми уплотнительными материалами//Судостроение. 2013. № 3. С. 38—39.
Приведены результаты исследования различных уплотнительных материалов, применяемых для герметизации токовводов. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 622.3.8 **Ключевые слова:** подводная лодка, авария, предаварийный контроль.

Цветков С. В., Царенко А. Г. Перспективы создания систем предварительного контроля для подводных лодок ВМФ//Судостроение. 2013. № 3. С. 39—41.
Для повышения безопасности подводных лодок предлагается создать единую систему предаварийного контроля. В статье указаны технические и организационные задачи, которые необходимо решить при создании такой системы.

УДК 656.6:654.9 **Ключевые слова:** судовая система, контроль, технические средства, беспроводная передача информации.

Круглеевский В. Н., Полуляхов Д. С. Анализ возможности использования беспроводной передачи информации в судовых системах контроля технических средств//Судостроение. 2013. № 3. С. 41—43.
Рассматривается возможность использования инфракрасной технологии и технологии радиочастотной идентификации для беспроводной передачи информации в судовых системах контроля технических средств и сигнализации. Ил. 2.

УДК 658.012:629.5 **Ключевые слова:** хладостойкие судостроительные стали, арктические суда, нанотехнологии, структура и механические свойства.

Орыщенко А. С., Малышевский В. А., Хлусова Е. И. Современные конструкционные стали для Арктики//Судостроение. 2013. № 3. С. 46—49.
Рассмотрены вопросы развития арктических материалов и технологий на современном этапе, концепция повышения хладостойкости при экономном легировании за счет внедрения новых процессов пластической деформации, внедрение разработанных технологий производства хладостойких сталей в промышленных условиях, примеры использования материалов в сварных морских конструкциях. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 629.5.081.1 **Ключевые слова:** морская техника, проектирование, модульно-агрегатный метод.

Герасимов Н. И., Грачев И. В., Долматов М. А., Канаев Д. Н., Лямин П. Л., Михайлов А. О. Основные направления дальнейшего развития модульно-агрегатного метода при проектировании и постройке объектов морской техники//Судостроение. 2013. № 3. С. 50—53.
Предлагаются основные направления дальнейшего совершенствования механомонтажных производств. Библиогр.: 10 назв.

УДК 629.5.081:658.51 **Ключевые слова:** судостроительная верфь, производственный процесс, сборочно-сварочное производство, принципы расчета, оптимизационная модель.

Огнев Н. В., Галочкин Д. А., Бурмистров Е. Г. Обоснование методологических принципов создания оптимизационной модели производственного процесса//Судостроение. 2013. № 3. С. 53—56.
Излагаются методологические подходы к разработке оптимизационной модели производственного процесса предварительного изготовления судовых корпусных конструкций. Предлагаются принципы определения оптимального соотношения производственной и вспомогательно-складской площадей цеха, оптимизации загрузки цехового кранового оборудования и расчета требуемой на каждом этапе изготовления секций численности производственного персонала. Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.024.081.4'22 **Ключевые слова:** плоская секция, автоматизация, набор главного направления, перекрестный набор, полотнище, электропермaнентная зажимная система, сварка, контуровка, сервисный сварочный портал, сварочный робот.

Никитин В. А. Линии изготовления плоских секций в судостроении//Судостроение. 2013. № 3. С. 57—60.
Рассматриваются вопросы создания современных линий изготовления плоских секций в судостроении с различным уровнем ме-

ханизации/автоматизации процесса изготовления плоских секций на линиях. Описываются различные конфигурации линий и основные виды применяемого технологического оборудования в составе линий. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 629.5.024 **Ключевые слова:** валопроводы, монтаж, трудоемкость строительства, программный комплекс.

Морозов К. Н., Усманов Д. В. Современный программный комплекс для расчета технологических параметров центровки валопроводов//Судостроение. 2013. № 3. С. 61—65.
О разработке специализированных программ для организаций, занимающихся проектированием и изготовлением движительных комплексов. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

УДК 623.827:656.612.5 **Ключевые слова:** аварийная АПЛ, утилизация.

Куликов К. Н., Ледин М. Т., Добровенко С. В., Медников М. В., Мишнёв А. М., Мокеев И. А., Петров С. А., Тазов А. С. Опыт утилизации аварийных АПЛ с поврежденной энергетической установкой//Судостроение. 2013. № 3. С. 66—68.
Рассказывается о разработке проекта, подготовке и проведении уникальной операции по утилизации аварийных подводных лодок с поврежденной энергетической установкой. Ил. 2.

УДК 623.827:656.612.5 **Ключевые слова:** судоремонт, судостроение, судоремонтное предприятие, технология.

Болховитин Ю. С., Межевитинов А. Ю. Организация судоремонта в современных экономических условиях//Судостроение. 2013. № 3. С. 68—69.
Основой рациональной организации судоремонта должно являться соотношение производственных мощностей судоремонтных предприятий и потребности в ремонте кораблей и судов всех видов флотов.

УДК 629.5.02-81(091) **Ключевые слова:** история флота, катеростроение, торпедный катер.

Баскаков И. Я. Опытные торпедные катера повышенной мореходности Г-8 и СМ-4//Судостроение. 2013. № 3. С. 78—81.
Прослеживается история проектирования и постройки в СССР в 30-х годах прошлого века опытных торпедных катеров повышенной мореходности Г-8 и СМ-4. Ил. 6. Табл. 1.

УДК 629.5.02-81(091) **Ключевые слова:** история флота, минное оружие, минер, запал.

Кокцинский И. М. Прибор лейтенанта Фролова//Судостроение. 2013. № 3. С. 82—83.
История создания в России портативных проверочных приборов запальных цепей морского минного оружия. Ил. 4.

УДК 629.5.02-81(091) **Ключевые слова:** история флота, подводное кораблестроение, новаторский опыт, подводная лодка.

Клевакин Б. Д. О новаторском опыте России в области создания подводного флота//Судостроение. 2013. № 3. С. 84—86.
Рассказывается о вкладе русских ученых и изобретателей в развитие мирового подводного кораблестроения и влиянии исторического опыта на современное состояние и дальнейшее развитие подводного флота.

ABSTRACTS

Tomilin S. A., Yasakov G. S. Problems of creation of ships with electric motion
Analyzed in the article are the trends in creation of fully electromotive powered ships. The authors represent foreign and domestic implementation of unified electric power systems and state the tasks of the accepted concept of electrified ships creation.

Rusin A. S., Serafimovich P. O., Skoriantov N. N., Kostikov E. A. Trends in the development of unmanned boats
Reviewed in the article are unmanned boats built for the Navy overseas, some of their performances and the equipment used, the tasks to be solved by such boats as well as the prospects of unmanned boats creation for the domestic Navy.

Bystrov B. V., Pirozhenko V. A. Methodological basis of justification of self-propelled self-contained unmanned submersible vehicles concepts
Analyzed are the prospects of application of self-propelled self-contained unmanned submersible vehicles for oceanographic research, as well as for the navies' armament system.

Solovyov S. N. Integrated approach to architectural and artistic design of naval ship compartments
The author analyzes the current approach to the design of naval ship compartments, makes recommendations on system integrated approach to this work and represents the experience in re-equipment of officers' quarters with the assistance of specialized companies.

Medvedev V. V., Semionichev D. S. Determination of elements failure effects in the process of operation risk prediction
Developed is a matrix that allows to assign a risk level to each of undesirable events occurring to the elements of ship's power plant in accordance with the method of analysis of the failures nature and their consequences, and the method of quantitative risk assessment.

Plavnik P. G., Lerman E. Yu. Russian high-speed diesel engines today and tomorrow
Examined in the article are the problems of marine diesel engine manufacturing, now and in the future. Adduced are the basic parameters of marine diesels and their layout decisions.

Shevchenko V. G., Shveyev V. I., Marchuk A. Yu. Principles of forecasting of nuclear power plant equipment technical condition
The article discloses the most important tasks of predicting nuclear power plant technical condition.

Petrov S. A., Neyevin S. M., Sokolova L. B. Improving of marine nuclear power plants of foreign countries
Analyzed in the article are the main trends of development of nuclear power plants for the US Navy submarines and aircraft carriers.

Lazarevsky N. A., Teplyakov M. V. Normative requirements of the leakage rate of sealing devices and the results of experiments with some sealing materials
The authors represent the results of analysis of various sealing materials used to seal the current leads

Tsvetkov S. V., Tsarenko A. G. Prospects of creation of preliminary control systems for naval submarines
In order to increase the safety of submarines it is proposed to create a unified system of pre-fault monitoring. The paper contains technical and organizational problems that must be overcome when creating such a system.

Krugleyevsky V. N., Polulyakhov D. S. Analysis of possible use of wireless communication in marine hardware control systems
The authors examine the possibility to use infrared technology and radio frequency identification technology for wireless transmission of information in the ship's control systems for control of hardware and alarm systems.

Oryschenko A. S., Malyshevsky V. A., Khlusova E. I. Modern structural steel for the Arctic
Considered in the article are the problems of the development of Arctic materials and technologies at the present stage, the concept of improving cold resistance, subject to economical alloying, owing to introducing new processes of plastic deformation, the introduction of developed technologies of cold-resistant steel industrial production, examples of the use of materials in welded marine structures.

Gerasimov N. I., Grachov I. V., Dolmatov M. A., Kanaev D. N., Lyamin P. L., Mikhaylov A. O. The main trends of further development of modular-assembly method for design and construction of marine facilities
Suggested are key areas for further improvement of machine-assembly industries.

Ognev N. V., Galochkin D. A., Burmistrov E. G. Justification of the methodological principles of creating an optimization model of the production process
Outlined in the article are methodological approaches to the development of an optimization model of the production process of ship hull structures pre-production. Also proposed are the principles for determining the optimal ratio of production and auxiliary-warehouse spaces in a workshop, for optimization of load of the shop cranage and calculation of the number of personnel required for each stage of sections manufacturing.

Nikitin V. A. Lines of flat sections production in shipbuilding
The author discloses the problems of creation of modern flat sections production lines in shipbuilding with different levels of mechanization/automation of flat sections manufacturing process on such lines. Also described are various configurations of lines and basic types of manufacturing equipment used in the lines.

Morozov K. N., Usmanov D. V. Modern software to calculate shafting alignment process parameters
The author narrates of the development of specialized programs for organizations involved in the design and production of propulsion systems.

Kulikov K. N., Ledin M. T., Dobrovenko S. V., Mednikov M. V., Mishnyov A. M., Mokeyev I. A., Petrov S. A., Tazov A. S. Experience of utilization of damaged nuclear submarines with damaged power plant
The authors describe the project development, preparation and realization of the unique utilization operation for damaged nuclear submarines with damaged power plant.

Bolkhovitin Yu. S., Mezhevitinov A. Yu. Organization of ship repair in modern economic environment
The basis for the rational organization of ship repair should be the ratio of the shipyard production capacity and the need to repair the naval and civil ships of all types of fleets.

Baskakov I. Ya. Prototype torpedo boats with increased seaworthiness Г-8 and СМ-4
The author traces the history of design and construction of prototype torpedo boats with increased seaworthiness Г-8 and СМ-4 in the USSR in the 30s of the last century.

Koktsynsky I. M. The device by lieutenant Frolov
The history of creation in Russia of portable monitoring devices for firing circuits of naval mine weapon.

Klevakin B. D. On the innovative experience of Russia in the development of undersea fleet
The author describes the contribution of Russian scientists and inventors to the development of the world submarine building and the influence of historical experience on the current state and future development of undersea fleet.