СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 2
2005

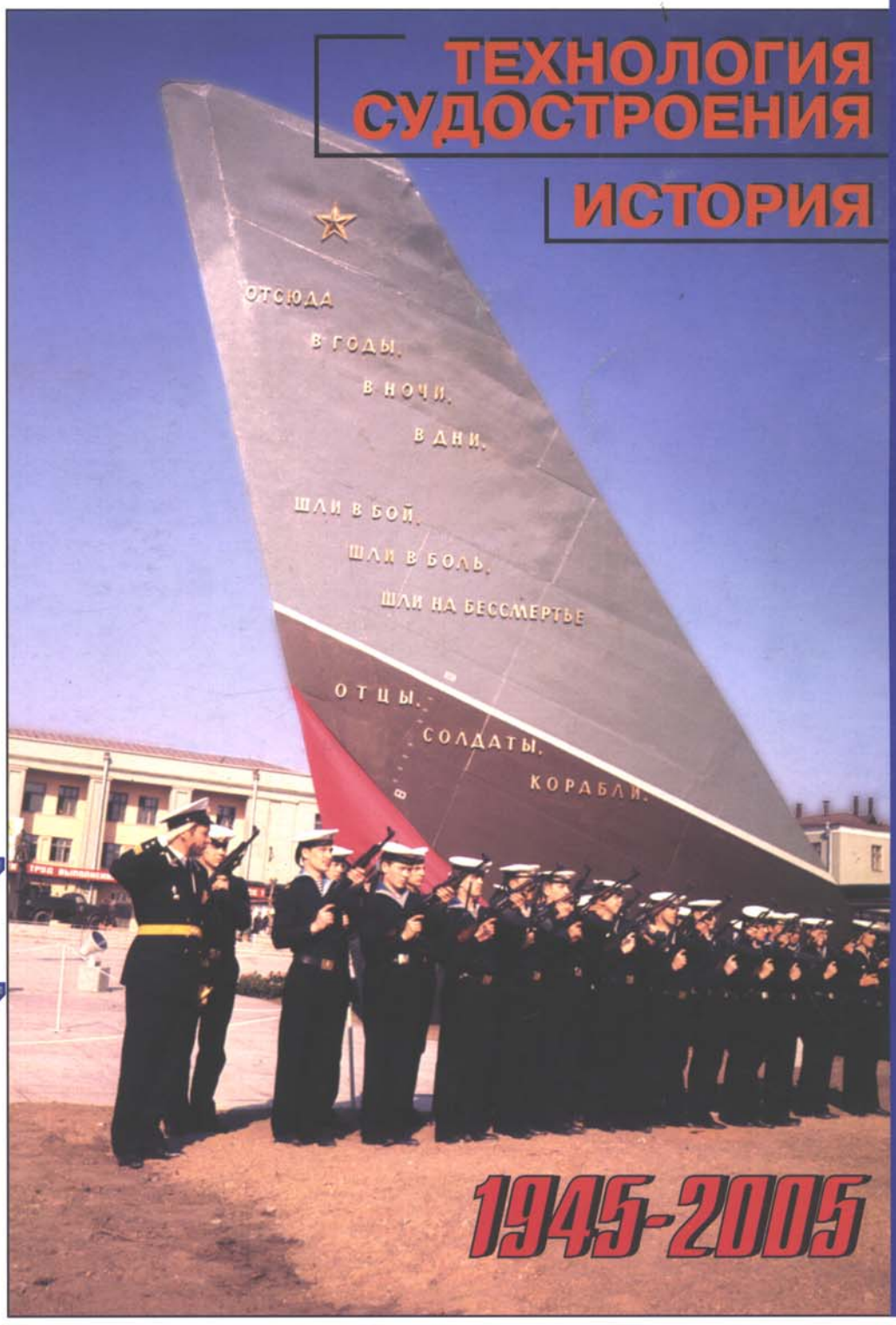
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ



ISSN 0039-4580

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:
Научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области
Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения (ЦНИИТС)

СУДОСТРОЕНИЕ

2•2005
(759) март—апрель

Издается с сентября 1898 г.

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
В. М. Пашин — научный руководитель — директор ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
В. Д. Горбач — генеральный директор ЦНИИТС

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
В. Л. Александров — ген. директор «Адмиралтейских верфей»
В. В. Венков — первый зам. ген. директора ЦНИИТС
В. В. Войтецкий — ген. директор НПО «Аврора»
Н. Ф. Волов — ген. директор ПСЗ «Янтарь»
И. В. Горынин — ген. директор ЦНИИ КМ «Прометей»
В. Л. Галка — директор ЦНИИ СЭТ
Н. С. Жарков — ген. директор завода «Красное Сормово»
А. А. Завалишин — зам. начальника и гл. инженер ЦКБ МТ «Рубин»
И. Г. Захаров — начальник I ЦНИИ МО РФ
Н. Я. Калистратов — ген. директор МП «Звездочка»
В. И. Кидалов — ген. директор НПО «Марс»
С. А. Климов — ген. директор НПО «Альтаир»
С. Д. Климовский — ученый секретарь ЦВММ
Л. М. Клячко — директор ЦНИИ «Курс»
Ю. А. Корякин — директор ЦНИИ «Морфизприбор»
Ю. А. Максимов — ген. директор Калужского турбинного завода
В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»
В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»
В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»
Н. Г. Повзык — ген. директор Амурского судостроительного завода
С. Г. Прошкин — первый зам. директора ЦНИИ «Гидроприбор»
В. Н. Пялов — начальник — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»
Л. В. Стругов — зам. начальника Управления суд. пром. ФАП
В. С. Чачко — директор НИИ морской теплотехники
В. В. Шаталов — ген. директор КБ «Вымпел»
А. В. Шляхтенко — начальник — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»
О. Б. Шуляковский — ген. директор Балтийского завода
В. Е. Юхнин — ген. конструктор Северного ПКБ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
А. Н. Хаустов, тел. (812)186-05-30, факс: (812)186-04-59
e-mail: cniits @telegraph. spb.ru
www.crist.ru/issues/sudostroenie

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
В. В. Климов, тел. (812)186-16-09

РЕДАКТОР ОТДЕЛА
Н. Н. Афонин, тел. (812)186-16-09

АДРЕС РЕДАКЦИИ
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ФГУП ЦНИИТС
www.crist.ru

© Журнал «Судостроение», 2005

СОДЕРЖАНИЕ

К 60-летию Победы 3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 5

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Ляховицкий А. Г., Сахновский Э. Б., Сахновский Б. М. Проектирование скоростных катамаранов с подводными крыльями 9

Руденко С. А. Высокомореходное судно с аутригерами 15

Семенова В. Ю. Определение вертикальных перерезывающих сил и изгибающих моментов при продольной качке на регулярном волнении с учетом нелинейных факторов 17

Сейнер-траулер «Libas» 19

Никитенков С. С., Игумнов А. Ф. «Аргус» — судно-сборщик нефтесодержащих и сточных вод 20

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Платонов А. В. Последние предвоенные мониторы ВМФ СССР 22

Мангаев Г. А. Спасательные судна пр. 527 и его модификации 27

Смирнов К. Д. Из истории разработки мобпроектов для судов морского флота 32

МАЛОТОННАЖНОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Сделано в России: новые катера и яхты 35

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Перминов Б. Н. Новые схемы и эффективность комбинированной очистки моторного масла в судовых тронковых дизелях 37

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Либерман М. Ю. Основные принципы проектирования упругого крепления судовых вентиляторов 42

Лесняк А. Н., Пшеницын А. А. Исследование нелинейности цельнометаллических амортизаторов при статической и динамической нагрузке 45

Круглеевский В. Н. Пути решения проблемы автоматизации контроля пожарной опасности в судовых помещениях 48

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Нестерова М. Ю., Фролова Е. А. Бюджет денежных доходов и расходов 51

Лавров Ю. Г. Экономическое обоснование оптимального ресурса судового дизеля до его переборки 54

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Кузнецов А. А. Универсальный генератор технологических процессов 58

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 61

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Пешехонов В. Г. Государственному научному центру Российской Федерации ФГУП ЦНИИ «Электроприбор» 60 лет (65). Конференции НТО (21). **Борисов Р. В., Образцов В. Б.** 100 лет со дня рождения Евгения Васильевича Товстых (34). Диплом журналу «Судостроение» (41). Блиц-новости (41, 57). **Романовский М. А.** Новая книга «Коммерческий флот России» (60).

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Скворцов А. В. Гвардейский крейсер «Красный Кавказ» 69

Щедролосев В. В. Эсминцы пр. 7 на Северном флоте 74

Тимофеев А. Н. Теплоход «Анатолий Серов» в годы Великой Отечественной войны 78

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

Founders:
The A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders
The Shipbuilders' Association of St Petersburg and Leningrad Region
The Central Research Institute of Shipbuilding Technology (CRIST)

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

2•2005
(759) March—April

Published since September 1898

CONTENTS

To 60-th Anniversary of Victory 3

AT SHIPYARDS OF INDUSTRY 5

CIVIL SHIPBUILDING

Lyahovitsky A. G., Sahnovsky E. B., Sahnovsky B. M. Designing of high-speed hydrofoils catamarans 9

Rudenko S. A. Highly seaworthy vessel with outriggers 15

Semenova V. Yu. Determination of vertical intersecting forces and bending moments in case of longitudinal heaving at regular sea with consideration of non-linear factors 17

Seiner-trawler «Libas» 19

Nikitenkov S. S., Igumnov A. F. «Argus» — vessel-collector of slop and waste waters 20

NAVAL SHIPBUILDING

Platonov A. V. Last pre-war monitors of Soviet Navy 22

Mangaev G. A. Rescue ships of project 527 and it modifications 27

Smirnov K. D. From the history of development of mobilization projects for merchant marine 32

BOATBUILDING

Made in Russia: new motorboats and yachts 35

SHIPBOARD POWER PLANTS

Perminov B. N. New schemes and efficiency of combined cleaning of motor oil in trunk shipboard diesels 37

HULL GEAR AND ARRANGEMENTS

Liberman M. Yu. Main principles of designing of elastic fastening of shipboard ventilators 42

Lesnyak A. N., Pshenitsyn A. A. Investigation of non-linearity of all-metal shock-absorbers at static and dynamic loading 45

Krugleevsky V. N. Methods for solving of the issue of automatization of fire danger monitoring in shipboard compartments 48

ECONOMICS AND FINANCES

Nesterova M.Yu., Frolova E. A. Budget of cash income and expenditures 51

Lavrov Yu. G. Economic grounding of optimum resource of shipboard diesel up to its reassembly 54

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGIES

Kuznetsov N. A. Universal generator of technological processes 58

FOREIGN INFORMATION 61

INFORMATION SECTION

Peshekhonov V. G. 60 years to the State Scientific Center of Russian Federation FSUE CRI «Electropribor» (65). Conferences of Scientific and Technical Society (21). **Borisov R. V., Obraztsov V. B.** 100 years to Evgeny Vasilyievich Tovstyh (34). Diploma to journal «Sudostroenie» (41). Blitz-news (41, 57). **Romanovsky M. A.** A new book «Russian commercial fleet» (60).

HISTORY OF SHIPBUILDING AND NAVY

Skvortsov A. V. Guards cruiser «Krasny Kavkaz» 69

Schedrolosev V. V. Destroyers of project 7 at Northern Navy 74

Timofeev A. N. Motor vessel «Anatoly Serov» during Great Patriotic War 78

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции.

На 1-й стр. обложки — стела на территории ОАО СЗ «Северная верфь» в честь подвига судостроителей в годы Великой Отечественной войны (из архива редакции); на 2-й и 3-й стр. — фотоснимки из архива редакции, А. Н. Хаустова и собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — специализированное судно «Аргус» (фотоснимок предоставлен ФГУП ДЗ «Звезда»).

Журнал выпущен при поддержке ФГУП ЦНИИ «Электроприбор», ОАО КБ «Вымпел»

Журнал «Судостроение» включен в перечень периодических научных изданий, рекомендуемых ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Журнал «Судостроение» также включен в Реферативный журнал и базы данных ВИНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям Ulrich's Periodicals Directory.

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

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

Цветоделение
А. В. Мялин

Перевод
К. Д. Могилко

Графика
И. Б. Скородумова,
Н. Г. Седова

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 15.04.2005 г.
Каталожная цена 100 руб.

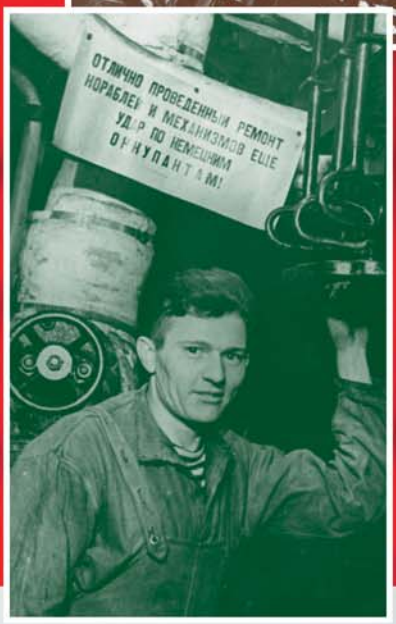
Адрес издательства и типографии:
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7, ФГУП ЦНИИТС

Тираж 1000 экз.

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

60 лет Победы

в Великой Отечественной войне 1941–1945



60 лет назад отгремели залпы Великой Отечественной войны. Тяжелые испытания выпали на долю нашего народа, и великой ценой досталось Победа.

На протяжении всей войны судостроители страны неустанно трудились в цехах и на стапелях. За эти годы флот получил от промышленности два легких крейсера, 19 эсминцев, 38 тральщиков, 54 подводные лодки, около 900 катеров различного назначения. На многих боевых кораблях, вспомогательных судах и катерах выполнялся капитальный и аварийно-восстановительный ремонт, причем в значительно сокращенные по сравнению с предвоенными сроки.

Особой заслугой судостроителей стало создание транспортных средств для ладожской Дороги жизни.

Металлические корпуса барж формировали из предварительно собранных на заводах секций на берегу одной из бухт Ладожского озера. Наряду со строительством барж разрабатывались проекты тендеров и плашкоутов, которых к осени 1942 г. было спущено на воду более 100 ед. На этих судах в Ленинград было ввезено1 млн 730 тыс. т продовольствия и эвакуировано более 1 млн человек.

В 1942 г. флоту потребовались катера с броневой защитой и сильным вооружением. Такими катерами стали бронированные малые охотники (БМО), строительство которых в тяжелейшие годы блокады Ленинграда развернулось на Адмиралтейском заводе. На Балтийском заводе с 1943 г. до конца войны строились стотонные тральщики. Обводы корпусов как БМО, так и «стотонников» пришлось упростить, приняв вместо обтекаемых плоскостные, что существенно облегчило технологию постройки и позволило сдать флоту 48 БМО и 39 «стотонников».

Много делалось для совершенствования и развития различных видов корабельного оружия — минного, артиллерийского и реактивного. Необходимо было усилить противолодочное вооружение кораблей, в том числе гидроакустическое. Массированное применение противником авиации потребовало срочного довооружения кораблей зенитной артиллерией.

Практически все судостроительные предприятия наладили выпуск продукции для фронта. Только ленинградские судостроители передали армии более 3 тыс. минометов и свыше 200 тыс. автоматов. Судостроительный завод «Красное Сормово» был целиком переориентирован на выпуск танков Т-34.

Тесное сотрудничество судостроителей и военных моряков позволило с честью решить задачу сохранения боеспособности флота и внесло достойный вклад в дело Победы в Великой Отечественной войне.

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ФГУП ДВЗ «ЗВЕЗДА»

Наступивший год для завода будет напряженным. Предстоит завершить ремонтно-восстановительные работы на АПЛ пр. 667БДР, обеспечить сокращение срока ремонта АПЛ «Иркутск», утилизировать восемь списанных АПЛ (это вдвое больше, чем в 2004 г.). Перед заводским управлением утилизации ставится задача обеспечить подписание исполнительного соглашения с Министерством иностранных дел Японии на финансирование утилизации четырех АПЛ.

Будет развиваться и гражданское судостроение. Головное специализированное судно «Аргус», предназначенное для сбора нефтесодержащих льяльных и сточных вод (проект ФГУП ЦНИИТС/КБ «Восток»), спущено на воду 17 октября 2004 г. и передано порту Восточный в марте 2005 г. Намечена серийная постройка этих судов. Планируется также заключение контракта на постройку головного рыболовного сейнера РС-450 и серийный выпуск средних траулеров-морозильщиков. СТМ «Валерий Маслаков» (пр. 70126) уже зарекомендовал себя на промысле с наилучшей стороны и стал победителем в номинации «Продукция производственно-технического назначения» Всероссийского конкурса «100 лучших товаров России» в 2004 г.

ФГУП ПО «СЕВМАШ»

В декабре 2004 г. два суперблока (№ 2 и № 3) кессона МЛСП «Приразломная» были соединены в одно целое с помощью подводной сварки. Сложнейшую работу — около 500 м сварных швов — выполнили водолазы-сварщики российского предприятия «Интер-Аква» за 20 дней, работая в две смены, без выходных. Методы и приемы подводной сварки были одобрены Институтом электросварки им. Е. О. Патона.

Для проведения работ в Северодвинск прибыло специализированное судно «Водоем», оснащенное современным водолазным оборудованием. С помощью специального многофункционального пульта с борта судна обеспечивается работа трех водолазов. Оператор контролирует подачу газовой смеси, температуру обогревающей теплой воды в гидрокостюме, режимы сварки и поддерживает постоянную телефонную связь с водолазами. На шлеме каждого водолаза закреплена видеокамера, позволяющая наблюдать за ходом работ, которые одновременно записываются на DVD-диски. Надзор за выполнением сварки подводного стыка осуществляла Архангельская инспекция Российского морского регистра судоходства. На очереди — сварка стыков двух оставшихся суперблоков и кессона в целом.

* * *

Командование ВМФ России поздравило коллектив «Севмаша» с 20-летием сдачи ВМФ первой многоцелевой АПЛ пр. 971. Лодки этого проекта, спроектированные СПМБМ «Малахит», относятся к третьему поколению. Они начали строиться в Комсомольске-на-Амуре для Тихоокеанского флота; первая АПЛ К-284 вступила в строй 30 декабря 1984 г. На «Севмаше» аналогичный корабль (К-480) заложили 22 февраля 1985 г.

Все семь севмашевских АПЛ — «Барс», «Пантера», «Волк», «Леопард», «Тигр», «Вепрь», «Гепард» — получили свои имена в память о ПЛ, построенных в России в начале XX века по проекту И. Г. Бубнова, и несут боевую службу на Северном флоте.

* * *

Для патрулирования ведомственной охраной заводской акватории «Севмаша» приобретен катер-амфибия на воздушной подушке «Хивус-10», построенный нижегородской фирмой ООО «Аэроход». При анализе возможных вариантов эта модель, по мнению заводчан, наиболее подходит для «Севмаша». При длине 7,5 м на 15-метровом участке катер может развернуться на 180°, разви-

Ремонт, переоборудование и модернизация атомных подводных лодок — одна из главных задач ФГУП «Дальневосточный завод "Звезда"». С 1962 г., когда в ремонт пришла первая АПЛ, предприятие вернуло в боевой строй ВМФ 52 субмарины. В дни празднования 50-летия «Звезды» в декабре 2004 г. на заводе был открыт мемориальный комплекс, основой которого стало ограждение рубки многоцелевой АПЛ первого поколения

Два суперблока № 2 и № 3 кессона морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» соединены в одно целое в ПО «Севмаш» с помощью подводной сварки

Трехотсечные реакторные блоки атомных подводных лодок, утилизированных ФГУП ПО «Севмаш», подготовлены к буксировке к месту долговременного хранения

вает скорость до 70 км/ч с помощью автомобильного мотора, способен взять на борт 8—10 чел., оборудован спутниковой системой связи. Стоимость катера 1,9 млн руб.

* * *

Утилизацию атомных подводных лодок северодвинские корабелы воспринимают неоднозначно. Тем не менее эта работа находит поддержку иностранных инвесторов, заинтересованных в экологической безопасности региона, и обеспечивает загрузку предприятий. В 2004 г. «Севмаш» завершил утилизацию двух АПЛ на средства англичан. В прошедшей в начале 2005 г. торжественной церемонии окончания работ принял участие Джордж Эдгар, генеральный консул Великобритании в Санкт-Петербурге.

Атомные подводные ракетные крейсеры К-525 и К-206 (пр. 949 «Гранит» или по классификации НАТО «Oscar-1») построены «Севмашем» на рубеже 80-х. На Северном флоте они получили наименования «Архангельск» и «Мурманск». Выведенные из состава флота для утилизации лодки пришли на «Севмаш» в ноябре 1999 г. Отработавшее ядерное топливо выгружено из ректоров по контракту с Минатомом России на предприятии «Звездочка» в 2001—2002 гг. Переговоры о финансировании разделки начались летом 2003 г. Контракт заключили в декабре. Средства на утилизацию выделил Департамент ядерных программ Министерства торговли и промышленности Великобритании (DTI) в рамках программы «Глобальное партнерство против распространения оружия и материалов массового поражения», одобренной странами «большой восьмерки» в 2002 г. Реализацией проекта занималась европейская компания RWE NUKEM. Все работы выполнили специалисты «Севмаша» совместно с коллегами из «Звездочки». В течение года корпуса субмарин были разрезаны. Реакторные отсеки подлодок законсервировали и доставили в пункт временного хранения на СРЗ-10 в город Полярный.

Следует отметить, что иностранцы, трепетно относящиеся к деньгам своих налогоплательщиков, требовали максимальной прозрачности в реализации проекта. «Севмаш» выполнил это условие.

Презентация этого крупнейшего российско-английского проекта прошла и в посольстве Великобритании в Москве. «Севмаш» представлял генеральный директор В. П. Пастухов.

Михаил Старожилов

ОАО «НОВАЯ ЭРА»

Авианесущий крейсер «Адмирал Горшков», проданный ВМС Индии, в настоящее время проходит ремонт и модернизацию в Северодвинске. По ряду договоров, заключенных в конце 2004 — начале 2005 г. с ФГУП ПО «Севмаш», ОАО «Новая ЭРА» также участвует в переоснащении этого корабля. В ближайшие полтора года будут разработаны, изготовлены и поставлены на авианосец 50 преобразовательных агрегатов и несколько видов электрощитовой продукции. Кроме того, «Новая ЭРА» примет участие в ремонте части существующих щитов, не подлежащих замене. Общая стоимость контрактов, заключенных на начало февраля, составила 70 млн руб., продолжаются переговоры о заключении новых договоров на поставку оборудования. Не исключается возможность привлечения специалистов «Новой ЭРЫ» для ведения электромонтажных работ на корабле.

По оценке начальника отдела НИОКР ОАО «Новая ЭРА» Юрия Кулагина, преобразовательный агрегат, над созданием которого в данный момент трудятся специалисты отдела, — чрезвычайно перспективная разработка как для флота, так и для промышленности в целом. «Есть основания рассчитывать, — говорит Юрий Кулагин, — что преобразовательный агрегат найдет широкое применение, так как он делается на базе модулей единичной мощности, из которых, в свою очередь, можно создать большой спектр преобразовательной техники».

Оборудование, изготавливаемое ОАО «Новая ЭРА», заслужило высокую оценку представителей индийской стороны, посетивших предприятие в декабре 2004 г. Во время визита они высказали пожелание всю щитовую продукцию для «Адмирала Горшкова» готовить в щитовых конструктивах, разрабатываемых в ОАО «Новая ЭРА». Положительный опыт работы с ПО «Севмаш» позволит компании выйти на новый уровень военно-технического сотрудничества и расширить спектр заказов.

ООО «СУДОРЕМОНТ-БАЛТИКА»

Компанией «Судоремонт-Балтика», созданной в результате реформирования Калининградского СРЗ, разработан и строится для своих нужд универсальный 15-метровый буксир для проведения доковых операций. Он также может использоваться как толкач, портовый, рейдовый, кантовщик. Отличительными особенностями судна являются небольшая стоимость постройки, высокая маневренность, простота в управлении и малые расходы при эксплуатации.

Невысокая стоимость достигнута за счет простоты конструкции, отсутствия машинного отделения, оптимизации количества устанавливаемых устройств и агрегатов, а также отсутствия ввозных таможенных пошлин и НДС на импортное оборудование, что регламентировано законом Особой экономической зоны в Калининградской области.

На буксире используется реновированная пропульсивная винторулевая колонка с дизелем Deutz F12L413 воздушного охлаждения максимальной мощностью 200 кВт. Такие ВРК применены и при строительстве трубоукладочной самоходной баржи для прокладки 46 км трубопровода в Балтийском море.

В начале года заключен контракт на постройку двух буксиров-толкачей для голландского заказчика.

Другой проект компании — модульная самоходная баржа-площадка грузоподъемностью 500 т для перевозки различных грузов и проведения различных гидротехнических работ, в том числе в закрытых водоемах. Особенность баржи в том, что

Универсальный буксир компании «Судоремонт-Балтика»

она формируется с использованием специальных замков, без применения сварки, а модули могут перевозиться к месту эксплуатации автомобильным или железнодорожным транспортом.

ОАО СФ «АЛМАЗ»

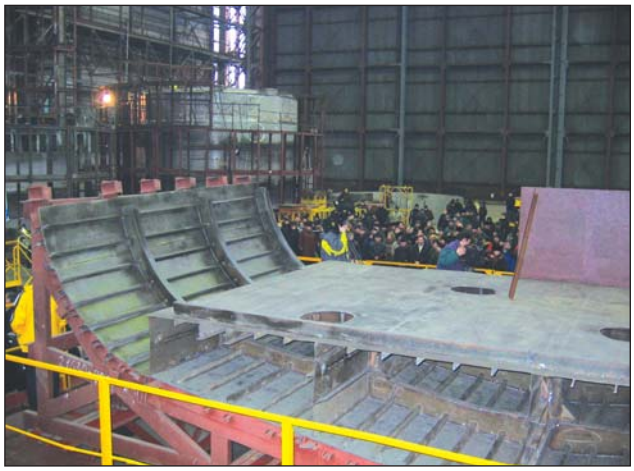
25 февраля в эллинге Судостроительной фирмы «Алмаз» состоялась официальная церемония закладки первого серийного артиллерийского корабля «Каспийск» пр. 21630 (строительный номер 702) для ВМФ России. Выиграв тендер на постройку головного корабля «Астрахань» (он был заложен 30 января 2004 г.) и успешно осуществляя его строительство, СФ «Алмаз» получила заказ и на серийный корабль. Новый быстроходный корабль водоизмещением около 500 т типа «Буян» с пропульсивным комплексом водометного типа спроектирован ФГУП «Зеленодольское ПКБ» для охранных функций на реках и в 200-мильной экономической зоне государства.

Среди других работ, проводимых СФ «Алмаз», — ремонт и модернизация десантного корабля на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр» для ВМФ РФ, строительство патрульного корабля пр. 10410 для ПС ФСБ РФ, формирование емкостей чистого конденсата для АЭС Куданкулам, изготовление агрегатов для КБ специального машиностроения.

ФГУП ЦНИИТС

3 марта в ЦНИИТС состоялась специализированная конференция «Информационная поддержка изделий. Перспективы развития и применения CAD/CAM/ CAE систем для проектирования и технической подготовки постройки судов и кораблей», организованная НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИТС и ООО «Амтэл». Конференция вызвала значительный интерес специалистов: в ней участвовали представители более чем 40 предприятий и организаций из девяти городов страны. На конференции были прочитаны и обсуждены доклады об опыте применения CAD/CAM систем в отечественных конструкторских бюро и на верфях, развитии CALS/ИПИ-технологий, проблемах выбора автоматизированных систем, перспективах создания отечественных судостроительных систем и др. Среди выступавших были работники СПбГМТУ, ЦНИИТС, Северного, Зеленодольского и Невского ПКБ, ЦМКБ «Алмаз», ПКБ «Петробалт», КБ «Вымпел», Адмиралтейских верфей, Балтийского и Выборгского судостроительного заводов, фирм «Аскон» и «СиТех», Астраханского ГТУ и др.

С более подробной информацией о конференции и ее решениях можно ознакомиться в Интернете на сайте ЦНИИТС: www.crist.ru



Первая секция серийного артиллерийского корабля «Каспийск» пр. 21630 и закладная доска

Ремонт и модернизация десантного корабля на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр» в эллинге ОАО СФ «Алмаз»

ОАО ХК «ДАЛЬЗАВОД»

Основными направлениями деятельности владивостокской холдинговой компании «Дальзавод» являются постройка судов и барж, судоремонт, изготовление металлоконструкций. Располагая всеми необходимыми видами судостроительного производства, компания в настоящее время реализует целенаправленную маркетинговую стратегию, направленную на привлечение новых заказов на рыболовные боты, рейдовые буксиры, малые рыболовные суда, приемотранспортные боты, морские промысловые лодки, несамоходные площадки-катамараны для обслуживания плантаций марикультуры и др.

Например, «Дальзавод» готов строить: самоходные плашкоуты пр. 21101 для перевозки генеральных грузов, колесной и гусеничной техники (с выгрузкой на необорудованный берег через носовую аппарель), а также пассажиров; малые рыболовные добывающие суда-морозильщики пр. 20090; рейдовые буксиры РБ220 (пр. 21440); рыболовные боты пр. 21320. Недавно построен самоходный плашкоут для администрации ЗАТО Фокино, который обеспечивает доставку грузов на остров Путятин.

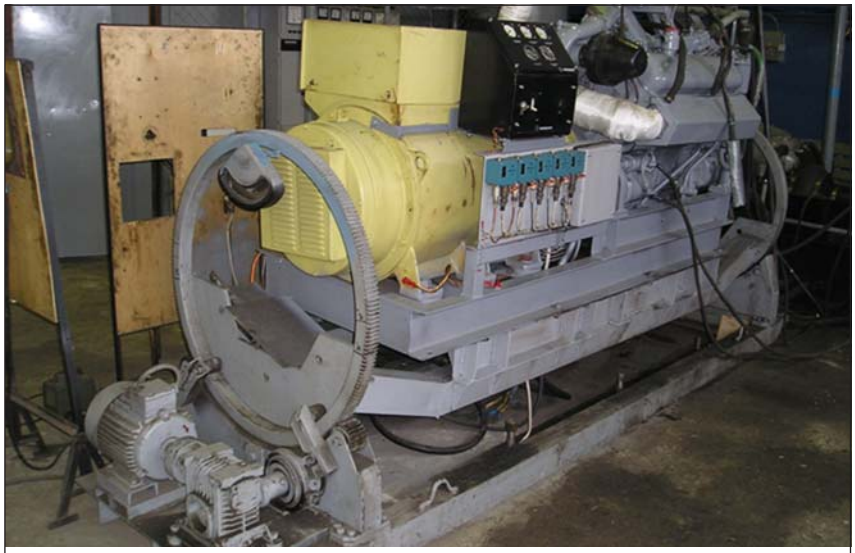
ЗАО «ВАРЯГ»

Петрозаводское судостроительное ЗАО «Варяг» специализируется на проектировании и постройке деревянных судов — морских круизных и учебных парусников водоизмещением до 100 т, прогулочных парусно-моторных судов, катеров, рыбопромысловых ботов, морских шлюпок (ЯЛ-2, ЯЛ-4, ЯЛ-6), прогулочных лодок. Предприятие имеет богатый опыт строительства судов-реплик: парусников и гребных судов XVIII века, русских речных и морских судов XV—XVII веков, а также уменьшенных копий судов для съемок кинофильмов. При постройке используются традиционные и современные технологии с учетом требований классификационных обществ (РС, LR, DNV), комплектующее оборудование — отечественное и импортное.

Парусно-моторное судно типа «Аскольд-45» создано корабелами ЗАО «Варяг» в стиле ладей викингов

Одно из судов ЗАО «Варяг» — парусно-моторное судно типа «Аскольд-45», созданное в стиле ладей викингов (драккаров и кнорров).

Корпус из древесины хвойных пород; имеются форпик, открытый кокпит, рубка; под кормовым настилом — главный двигатель и топливные цистерны. В составе парусного вооружения — прямой лавсановый парус площадью 35 м^2 и заваливающаяся мачта. Рулевое управление двойное: кроме металлического руля в ДП есть по аналогии с историческими прототипами деревянное рулевое весло по правому борту. Привлекательный внешний вид, прекрасные ходовые качества, простота обслуживания — все это представляет несомненный интерес для туристов и любителей отдыха на воде.



ЗАО «Тюменьсудокомплект» приступило к серийному выпуску судовых дизель-генераторов мощностью 100 и 200 кВт на базе двигателей ЯМЗ и генераторов серии БГ. По результатам испытаний, проведенных в январе 2005 г., дизель-генераторы получили одобрение Российского морского регистра судоходства (РС). До этого признание РС получили дизель-генераторы мощностью 60 и 75 кВт. В настоящее время на предприятии готовится комплектация дизель-генераторов мощностью 30 и 50 кВт на базе двигателя серии Д-246. Кроме того, налажен серийный выпуск дизель-генераторов мощностью 16 и 200 кВт, судовых котлов с сертификацией Российским речным регистром

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также из газет «Звезда», «Корабел», специального выпуска сборника «Морские вести России» и из Интернета.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ КАТАМАРАНОВ С ПОДВОДНЫМИ КРЫЛЬЯМИ

А. Г. Ляховицкий, докт. техн. наук, **Э. Б. Сахновский** (СПбГМТУ),
Б. М. Сахновский, канд. техн. наук (ОАО «Инженерный центр судостроения»)

УДК 629.124

В последние годы в мировом судостроении и судоходстве все больший интерес проявляется к многокорпусным судам различного назначения. Среди эксплуатирующихся многокорпусных судов наибольшее распространение получили скоростные катамараны (СК).

В СССР первый морской пассажирский катамаран «Экспресс» был построен и эксплуатировался на Черном море более 60 лет тому назад. В 70-х годах XX века были проведены исследования гидродинамики СК с использованием различных средств динамической разгрузки [1, 2]. В настоящее время работы по созданию СК, в том числе со стабилизирующими и разгружающими подводными крыльями, ведутся в Австралии, Норвегии, Японии, Великобритании, Южной Африке, США, России и других странах [3]. В Российской Федерации построены пассажирские СК, обеспечивающие также непрерывный контроль и регистрацию параметров водной среды, донного грунта и приводного слоя атмосферы [4]. Первым катамараном экологического контроля окружающей среды стал «Экопатруль-1» (пр. 16220), построенный по проекту ОАО «Инженерный центр судостроения» в эллинге ОАО «Морской завод "Алмаз"» и спущенный на воду в 1995 г. (рис. 1). Этот же завод построил пассажирский СК «Linda Express» для линии Таллин—Хельсинки (рис. 2).

Для начальных стадий проектных работ актуально создание методики обоснования главных размерений и основных характеристик СК с подводными крыльями (ПК), которые являются составной частью системы стабилизации хода и выполняют функцию динамической разгрузки судна на ходу [5]. Стабилизация хода СК на волнении может быть обеспечена с помощью стационарных ПК (система стабилизации пассивного типа) и автоматически регулируемых ПК (система стабилизации активного типа). Методика проектного обоснования должна обеспечивать выбор оптимальных основных элементов СК: главных размерений и типа крыльевого устройства. С ее помощью должен выполняться анализ влияния этих элементов и условий эксплуатации судов на технико-экономические показатели их работы.

Как показывает опыт проектирования скоростных катамаранов с ПК (СКПК), их главные размерения и характеристики изменяются в широких пределах. В табл. 1 приведены основные характеристики нескольких СКПК и их крыльевых устройств. Информация, аналогичная приведенной в табл. 1, позволила систематизировать основные характеристики СК различных типов: традиционных (без ПК), СКПК и волнопронзающих (ware piercing catamaran — WPC). Такие данные для наиболее распространенных типов СК приведены в табл. 2.

Статистические данные по построенным традиционным СК и СКПК (см. табл. 2) показывают, что в первом приближении оценка их главных размерений может быть выполнена по общим зависимостям. Установка ПК не вносит существенных различий в размеры судов в плане. Некоторое снижение массы СКПК из-за меньшей высоты борта компенсируется массой крыльевого устройства и местного усиления корпуса судна. Наибольшее влияние на размеры судов в плане и водоизмещение (при $N_п$ = const) оказывает количество ярусов надстройки, что необходимо учитывать при расчете нагрузки масс катамарана.

Коэффициенты общей полноты $C_в$ изменяются у СК и СКПК в пределах 0,35....0,70. Большие их значения у катамаранов с малой осадкой и соответственно с большим отношением ширины корпуса к осадке.

При высоких проектных скоростях у СК и СКПК наблюдается существенное различие мощности и массы энергетической установки.

На эксплуатирующихся СКПК применяются как пассивные крыльевые устройства (Россия, Южная Африка и др.), так и активные с автоматически управляемыми ПК (Норвегия, Япония, Россия и др.). Они обеспечивают различную степень гидродинамической разгрузки корпусов — от 20 до 100%.

С целью единого подхода к оценке различных типов крыльевых устройств СКПК предлагается использовать безразмерный показатель эффективности [6]:

$$A = \frac{S_{пк}}{V^{2/3}} K_{пк}, \qquad (1)$$

Рис. 1. **Патрульное природоохранное судно «Экопатруль-1»**

Рис. 2. **«Linda Express» в море**

где $S_{пк}$ — площадь ПК, м^2; V — объемное водоизмещение судна, м^3; $K_{пк}$ — коэффициент гидродинамического качества крыльевого устройства.

Выполненный анализ показал, что у построенных и спроектированных СКПК, оборудованных ПК по так называемой «самолетной схеме», показатель эффективности не более 5, по схеме «тандем», в зависимости от гидродинамической разгрузки корпусов, — от 5 до 10.

Одной из проблем, сдерживающих более широкое распространение скоростных судов различных типов, является интенсивное волнообразование, наблюдаемое за движущимися судами. В публикациях отмечается, что для увеличения скорости судов прибрежного и внутреннего плавания требуется минимизировать волнообразование, которое приводит к размыванию берегов рек, вызывает качку, а порой и повреждение стоящих вблизи фарватера судов. В работах ряда исследователей показано, что характер и величина генерируемых при движении судов волн зависят, главным образом, от обводов, главных размерений корпуса и скорости движения. Исследования подтверждают преимущество судов катамаранного типа перед однокорпусными, однако отмечается, что для достижения приемлемых параметров волнообразования на скоростях более 30 уз требуются новые технические решения [3, 7].

Одним их таких сравнительно новых технических решений являются катамараны с гидродинамической разгрузкой корпуса подводными крыльями. Отечественный опыт показал, что суда на ПК оказывают минимальное волновое воздействие на окружающую среду. Таким образом, задача проектирования СКПК является оптимизационной задачей, в которой может быть использовано ограничение по высотам отходящих волн, генерируемых движущимся судном. С учетом этого задача оптимизации основных элементов СКПК сводится к определению вектора варьируемых параметров:

$$X(x_1, x_2, x_3), \qquad (2)$$

где $x_1 = L_o/B_o$; $x_2 = B_1/T$; $x_3 = K_{разг}$; $K_{разг} = Y/Dg$ — коэффициент гидродинамической разгрузки катамарана (Y — подъемная сила подводных крыльев, кН; D — массовое водоизмещение катамарана, т).

Вектор варьируемых параметров X совместно с вектором заданных характеристик судна $Z(z_1, z_2,..., z_n)$ обеспечивает экстремум критерия оптимизации $C(X, Z) \rightarrow \min (\max)$. При этом выполняются требования и ограничения, характеризующие качества судна как плавучего транспортного средства.

Предусмотрено выполнение следующих требований и ограничений при решении оптимизационной задачи.

1. Требование к вместимости палуб скоростного катамарана:

$$S_п(X, Z) - к_п N_п \geq 0, \qquad (3)$$

где $S_п(X, Z)$ — суммарная площадь палуб СКПК; $к_п = f(N_п, n_я)$ — норматив площади на одного пассажира (с учетом площади вспомогательных помещений); $n_я$ — число пассажирских палуб СКПК.

2. Уравнение масс:

$$D(X, Z) - \sum P_i(X, Z) = P_п, \qquad (4)$$

где $P_i(X, Z)$ — составляющие нагрузки масс СКПК, т; $P_п$ — полезная нагрузка СКПК.

3. Уравнение плавучести:

$$D(X, Z) = 2\rho C_в L B_1 T. \qquad (5)$$

4. Уравнение ходкости:

$$\sum P_s(X, Z) - R(X, Z)\, v(X, Z)/\eta(X, Z)\eta_s = 0, \qquad (6)$$

где $\sum P_s(X, Z)$ — суммарная мощность главных двигателей, кВт; $R(X, Z)$ — полное сопротивление СКПК, кН; $v(X, Z)$ — скорость хода судна, м/с; $\eta(X, Z)$ — пропульсивный коэффициент; η_s — коэффициент, учитывающий механические потери на валопроводы, редукторы и т. д.

5. Требование к минимальной высоте надводного борта:

$$H(X, Z) - T(X, Z) \geq h_м + t_м, \qquad (7)$$

где $H(X, Z)$ — высота борта судна; $h_м$ — значение вертикального клиренса на миделе; $t_м$ — высота подшивки моста.

6. Ограничения зоны поиска оптимума по варьируемым параметрам:

$$2{,}5 \leq L_o/B_o \leq 4{,}0;\ 1{,}5 \leq B_1/T \leq 3{,}0;\ 0{,}1 \leq K_{разг} \leq 1{,}0. \qquad (8)$$

7. Ограничения на диапазон возможных значений характеристик судна Z_i, указываемых в задании на проектирование, например:

$$30 \text{ чел.} \leq N_п \leq 500 \text{ чел.};\ 20 \text{ уз} \leq v_s \leq 55 \text{ уз};$$
$$10 \text{ миль} \leq R_{пл} \leq 1000 \text{ миль и т. д.}, \qquad (9)$$

где $R_{пл}$ — дальность плавания судна.

Так как оптимизация размерений и характеристик СКПК предполагается в зоне, соответствующей статистике построенных и спроектированных катамаранов, то в методику проектного обоснования можно не включать ограничения по попереч-

Таблица 1

Основные характеристики скоростных катамаранов с подводными крыльями

Характеристика	«Seajet 1»	«Penha»	«Trident Ace»	«Achernar»	«Catalina jet»	«Xiang Zhen»	«Hankyoreh»	«Linda Express»
Класс	Westamaran 4200	Foil Cat	Superjet-30	Seagul 400	S-133	•	TriCat 52	SF-40
Год постройки, назначение	1995, пассажир.	1995, пассажир.	1993, пассажир.	1993, пассажир.	• пассажир.	1997, пассажир.	2001, пассажир.	2002, пассажир.
Длина наибольшая L_o, м	40,30	32,40	31,50	43,25	42,40	49,92	52,50	40,30
Длина по ватерлинии L, м	37,37	30,20	29,60	36,4	40,2	46,68	47,50	36,5
Ширина наибольшая B_o, м	10,0	12,0	9,8	10,9	11,9	12,4	11,8	11,0
Осадка T/высота борта H, м	1,8/4,3	1,5/4,2	1,9/3,5	1,64/3,4	1,6/4,1	1,8/4,13	1,6/4,0	0,96/3,5
Водоизмещение полное D, т	182,0	135,0	131,0	150,0	245,3	223,0	240,0	160,1
Водоизмещение порожнем $D_{пор}$, т	130,4	94,2	103,3	115,0	180,0	174,8	181,1	127,0
Дедвейт DW, т	51,60	40,80	27,70	35,00	65,30	47,95	58,94	33,10
Пассажировместимость $N_п$, чел.	400	403	200	354	499	430	455	294
Марка главных двигателей (ГД)	MTU 12V396TE74L	ГТУ LM 500	Niigata 16 V 16FX	MTU 16V396TE 74L	Caterpillar 3512B	Caterpillar 3512B	MTU 16V4000M70	MTU 12V4000M70
Количество и мощность ГД, кВт	4 x 1485	2 x 4474	2 x 1838	2 x 2000	4 x 1434	4 x 1950	4 x 2320	4 x 1740
Тип и количество движителей	4 водомета	4 водомета	2 водомета	2 водомета	4 водомета	4 водомета	4 водомета	4 водомета
Скорость эксплуатационная v_s, уз	38	45	38	32	35	41	41	55
Система стабилизации движения на волнении	Т-образное КУ + транцевые управл. плиты	Т-образное КУ в носу – плоское крыло в корме с управл. закрылками	ПК типа «тандем» с управляемыми закрылками	Носовое управляемое ПК	Носовое управляемое ПК (MDI T-Foil System)	Т-образное поворотное ПК между корпусами	Т-образное поворотное ПК между корпусами + интерцепторы	Т-образное поворотное ПК на каждом корпусе + интерцепторы
Коэф. утилиз. по дедвейту $\eta_{DW}= DW/D$	0,283	0,300	0,211	0,233	0,266	0,215	0,246	0,207
Число Фруда Fn_v	2,63	3,28	2,73	2,25	2,27	2,70	2,71	3,90
Пропульсивное качество судна K_o	5,89	3,43	6,84	6,07	7,56	5,93	5,36	6,40
Удельная масса судна на 1 пасс. $D/N_п$, т/чел.	0,46	0,33	0,66	0,42	0,41	0,52	0,53	0,54
Удельная мощность на 1 пасс. $\Sigma P_s/N_п$, кВт/пасс.	7,4	22,2	18,4	11,3	9,7	18,1	20,4	23,7
Коэффициент общей полноты $C_в$	0,50	0,56	0,42	0,41	0,58	0,38	0,44	0,66
Относительная длина катамарана ℓ, м	8,32	7,33	7,18	8,71	8,17	9,79	9,73	8,55
Ширина корпуса B_1, м	2,7	2,7	2,7	2,7	3,2	3,4	3,5	3,4
Модуль L_oB_oH, м^3	1732,9	1633,0	1080,0	1602,8	2069,0	2557,0	2478,0	1552,0
L_o/B_o	4,03	2,70	3,21	3,97	3,56	4,03	4,45	3,66
B_1/T	1,50	1,80	1,42	1,65	2,00	1,89	2,19	3,52
H/L_o	0,107	0,130	0,111	0,079	0,097	0,083	0.076	0,087
Относительный горизонтальный клиренс $b = (B_o–B_1)/L$	0,195	0,308	0,240	0,225	0,216	0,193	0,174	0,209
Коэффициент гидродинамической разгрузки $K_{разг}$	0,35	1,0	0,85	0,25	0,25	0,40	0,20	0,60
Параметр эффективности подводных крыльев A	4,5	8,4	10,0	4,4	4,3	4,8	2,5	3,6

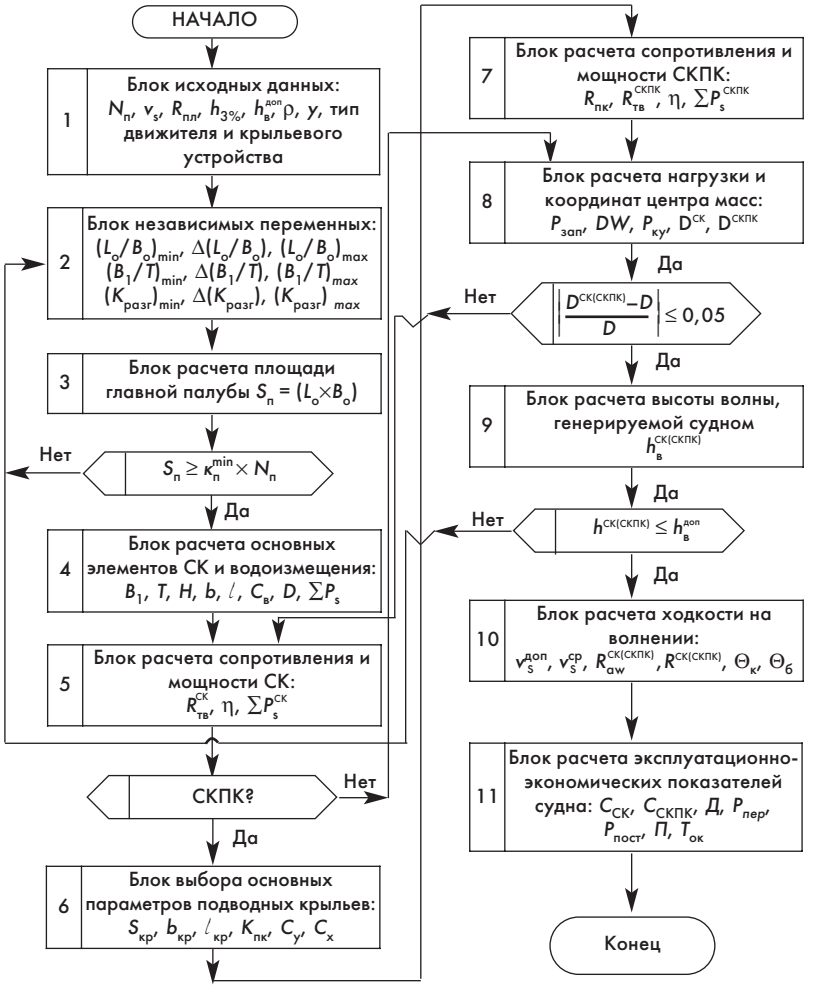


Рис. 3. **Общая блок-схема алгоритма проектирования скоростного катамарана традиционного и с подводными крыльями:**
$h_{3\%}$ — высота волны 3%-й обеспеченности; $h_в^{доп}$ — предельно допустимая высота отходящей от судна волны; y — расстояние от диаметральной плоскости судна до сечения, в котором рассчитывается высота отходящей волны; ρ — плотность воды; ℓ — относительная длина катамарана; $b_{кр}$, $\ell_{кр}$ — хорда и размах ПК; C_y, C_x — коэффициенты подъемной силы и сопротивления крыльевого устройства; $R_{пк}$ — сопротивление ПК; $P_{зап}$ — масса запасов; $P_{ку}$ — масса крыльевого устройства; $v_s^{доп}$ — допустимая скорость катамарана на нерегулярном волнении с учетом допустимого вертикального ускорения, обеспечивающего заданный уровень комфорта пассажиров и экипажа; $v_s^{ср}$ — средняя скорость движения судна на линии эксплуатации; R, R_{aw} — полное и среднее сопротивление судна при движении на нерегулярном волнении; $\Theta_б$, $\Theta_к$ — амплитуда бортовой и килевой качки судна; $P_{пер}$, $P_{пост}$ — переменные и постоянные расходы по судну за навигацию

ной остойчивости и непотопляемости судов, которые для катамаранов не относятся к определяющим.

В качестве критерия оптимальности приняты следующие экономические показатели:
прибыль (млн дол.) от эксплуатации судна:

$$П = Д - Р, \qquad (10)$$

срок окупаемости (годы) капитальных вложений:

$$T_{ок} = (\kappa_н C)/(Д - Р), \qquad (11)$$

где $Р$ — полные расходы по судну за навигацию, млн дол.; $С$ — строительная стоимость судна, млн дол.; $\kappa_н$ — коэффициент непроизводственных расходов на строительство судна; $Д$ — доход судна за навигацию, млн дол.

На рис. 3 показана принципиальная блок-схема алгоритма, состоящая из отдельных функциональных блоков, которые в процессе развития программы могут корректироваться и дополняться новой информацией.

На основе представленного алгоритма разработана программа для ПЭВМ, которая позволяет в автоматизированном режиме рассчитывать главные размерения и основные характеристики СК и СКПК при варьировании соотношений их главных размерений и коэффициента разгрузки корпуса СКПК. В зависимости от способа задания исходных данных программа может рассчитывать элементы и характеристики как одиночных судов, так и серии судов — до 800.

С помощью программы выполнен численный эксперимент, который был разделен на два этапа: первый — проверка адекватности разработанного алгоритма опытным данным по построенным судам и анализ результатов оптимизации основных элементов СК и СКПК, в том числе с ограничением по высоте отходящей волны; второй — анализ влияния характеристик судна и условий эксплуатации, принимаемых на первом этапе в качестве исходных данных, на технико-экономические показатели СКПК.

Представленные на рис. 4 результаты проверки адекватности алгоритма опытным данным по 10 построенным и спроектированным СКПК и трем традиционным СК показывают, что модуль среднего отклонения по 9 расчетным элементам и характеристикам судов (L_o, B_o, L, T, H, B_1, D, DW, $\sum P_s$) от построечных данных $\Delta_{ср}$ изменяется от 2 до 4,5%, что вполне достаточно для обоснования характеристик судов на начальных стадиях проектирования.

После тестирования программы провели численный эксперимент. Систематические расчеты по оптимизации основных элементов и коэффициента разгрузки корпуса СКПК были выполнены для судов различной пассажировместимости (100—500 чел.), при этом для каждой отдельно производилось варьирование эксплуатационной скорости движения судов в диапазоне 20 уз $\leq v_s \leq$ 50 уз. Варьирование независимых переменных осуществлялось в диапазоне, определенном зависимостью (8). Фиксированными исходными данными в расчете принимались: дальность плавания $R_{пл}$ = 300 миль; высота волнения $h_{3\%}$ = 2,0 м; протяженность линии эксплуатации $R_л$ = 55 миль; тип крыльевого устройства — управляемые и неуправляемые ПК в составе системы стабилизации СКПК на волнении и некоторые второстепенные исходные данные. Расчеты показали, что значения оптимальных соотношений основных элементов СК и СКПК близки, зависят от пассажировместимости и скорости судов и имеют следующие диапазоны изменения:

$(L_o/B_o)_{opt}$ = 3,7...3,9, при этом увеличение $(L_o/B_o)_{opt}$ происходит с ростом скорости судов;

$(B_1/T)_{opt} = f(v_s, N_п)$, при этом увеличение $(B_1/T)_{opt}$ происходит с ростом скорости судов и снижением их пассажировместимости.

На рис. 5 в качестве примера приведены зоны изменения соотношений основных элементов (L_o/B_o и B_1/T) СК и СКПК пассажировместимостью $N_п$ = 300 чел. и скоростью v_s = 40 уз. Зоны построены при постоянных значениях срока окупаемости капитальных вложений $T_{ок}$. Оптимальные варианты СК и СКПК характеризуются близкими значениями L_o/B_o; меньшие значения B_1/T и более высокие значения $T_{ок}$ (на 11%) характерны для СК без ПК.

Влияние коэффициента $K_{разг}$ на изменение критерия оптимальности для СКПК с управляемыми подводными крыльями показано на рис. 5. Результаты расчетов приведены в виде зон оптимального изменения коэффициента гидродинамической разгрузки корпуса $K_{разг}$ от относительной скорости движения Fn_v и пассажировместимости $N_п$. В качестве критерия оптимальности при построении рис. 5 использован параметр $T_{отн} = T_{opt}^{СКПК}/T_{opt}^{СК}$, характеризующий отношение сроков окупаемости капитальных вложений оптимальных вариантов СКПК и СК.

Данные, приведенные на рис. 6, свидетельствуют, что с увеличением скорости движения СКПК оптимальные значения коэффициентов разгрузки корпуса растут. Так, у СКПК с управляемыми ПК и $N_п$ = 100 чел. изменение значений $K_{разг}$ с 0,2 до 1,0 происходит в диапазоне оптимальных значений чисел $Fn_v \geq 2,65$, у СКПК с управляемыми ПК и $N_п$ = 300 чел. — при значениях $Fn_v \geq 3,15$.

Аналогичные расчеты, выполненные для СКПК с неуправляемыми ПК, свидетельствуют, что их результаты идентичны данным, приведенным на рис. 6, и отличаются только сроком окупаемости капитальных вложений. Для СКПК с неуправляемыми ПК оптимальные значения $K_{разг}$ снижаются (при Fn_v = const) по сравнению с использованием управляемых ПК. Например, при Fn_v = 2,3 экономические показатели СКПК с управляемыми ПК и $N_п$ = 300 чел. при $K_{разг} \geq 0,60$ будут лучше, чем у традиционного СК. Аналогичный эффект при этой же скорости у СКПК с неуправляемыми ПК достигается при $K_{разг} \geq 0,40$. Это свидетельствует о возможности создания оптимальных СКПК, оборудованных неуправляемыми ПК, с относительно более низкими коэффициентами гидродинамической разгрузки корпуса. Подобный подход к проектированию СКПК позволит продолжить отечественные традиции, сложившиеся при проектировании СПК с малопогруженными неуправляемыми ПК, и открывает определенные перспективы для создания более экономичных СКПК.

Введение в процесс оптимизации ограничения в виде предельно допустимой высоты отходящей от судна волны $h_в^{доп}$ снижает зону поиска оптимальных вариантов, удовлетворяющих условиям технического задания на проектирование. Результаты численного эксперимента показали, что оптимальные варианты СКПК, получаемые при расчете без введения ограничения $h_в^{доп}$, как правило, сохраняются и с введением данного ограничения. Вводимое в расчет дополнительное ограничение по $h_в^{доп}$ отсекает сначала варианты традиционных СК и варианты СКПК с неоптимальными соотношениями главных размерений. Возможны случаи, когда при задании $h_в^{доп}$ не проходит ни один вариант судна, что свидетельствует о чрезмерной жесткости ограниче-

Таблица 2

Основные характеристики и соотношения главных размерений СК

Характеристика	Традиционные СК (без подводных крыльев) с круглоскулыми и остроскулыми обводами	Катамараны с подводными крыльями (СКПК)	Волнопронзающие катамараны (WPC)
Водоизмещение полное D, т	50...500	50...500	200...2000
Коэффициент утилизации по дедвейту η_{DW}	0,2...0,3	0,2...0,3	0,25...0,45
Длина наибольшая L_o, м	20...60	20...60	30...120
Ширина наибольшая B_o, м	6...15	6...15	8...30
Скорость эксплуатационная v_s, уз	20...50	20...55	25...45
Число Фруда Fn_v	1,8...3,0	2,2...4,0	1,8...2,6
Пропульсивное качество судна K_o	8...4,5	8...4,5	12...7
L_o/B_o	2,5...4,1	2,7...4,1	2,4...4,2
B_1/T	1,3...2,9	1,3...3,5	1,2...2,8
L/B_1	7...17	7...16	9...20
$C_в$	0,35...0,65	0,40...0,70	0,45...0,63
$b = (B_o - B_1)/L$	0,17...0,31	0,15...0,31	0,25...0,40

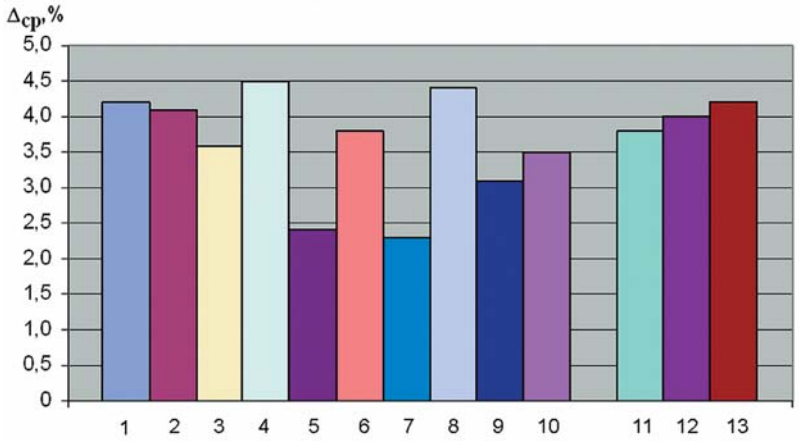


Рис. 4. **Результаты тестирования программы для обоснования проектных характеристик скоростных катамаранов:**
1 — «Superjet 30»; *2* — SF-40; *3* — «Seagul 400»; *4* — S-140; *5* — «Westamaran 4200»; *6* — «Xiang Zhen»; *7* — «Universal Mk1»; *8* — «TriCat 52»; *9* — «Auto Express 48m»; *10* — «Auatal Ship 48m»; *11* — «Equator Triangle»; *12* — «Крымская стрела»; *13* — «Intintoli AMD 360»

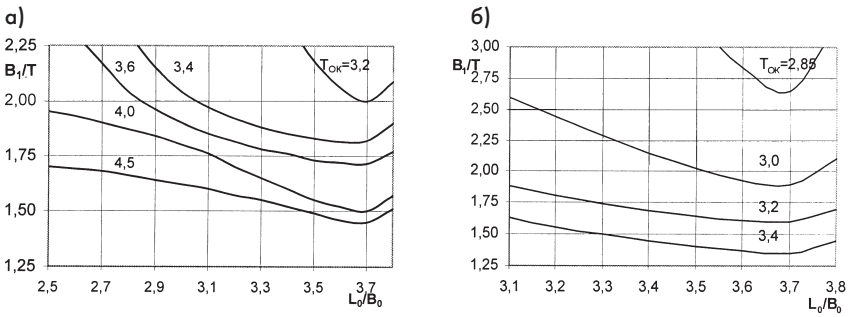


Рис. 5. **Влияние соотношения основных элементов катамарана ($N_п$ = 300 чел., v_s = 40 уз) на изменение критерия оптимальности $T_{ок}$ (год): *а* — СК; *б* — СКПК при $K_{разг}$ = 0,7**

ния или необходимости корректировки исходных данных на проектирование СКПК.

На втором этапе численного эксперимента анализировалось влияние основных исходных данных (характеристик судна и условий эксплуатации), таких как пассажировместимость, эксплуатационная скорость, дальность плавания, предельная высота волнения, тип ПК (управляемые или стационарные), на изменение проектных характеристик и экономических показателей СКПК. Результаты свидетельствуют, что СКПК с управляемыми ПК и стоимостью системы стабилизации $C_{сс}$ = 0,4 млн дол., пассажировместимостью от 50 до 500 чел. и скоростью хода менее 30 уз имеют худшие экономические показатели, чем традиционные СК. С ростом скорости более выгодным становится проектирование СКПК. При использовании стационарных ПК при любых сочетаниях пассажировместимости (50—500 чел.) и скорости (30—55 уз) можно создать СКПК с лучшими экономическими показателями, чем традиционные СК.

Исследование влияния заданной дальности плавания $R_{пл}$ на изменение проектных характеристик и экономических показателей СКПК показывает, что увеличение дальности плавания с 300 до 1000 миль (для СКПК с $N_п$ = 300 чел. и v_s = 40 уз) незначительно изменяет оптимальные значения основных соотношений L_o/B_o и B_1/T. При $K_{разг} \geq 0,6$ для всех значений $R_{пл}$ экономические показатели близки. При $K_{разг} < 0,6$ с увеличением дальности плавания от 300 до 1000 миль экономические показатели СКПК ухудшаются примерно на 10%. Этот эффект в основном связан с ростом мощности двигателей, запасов топлива и масла для вариантов судов с $K_{разг} < 0,6$, что приводит к увеличению дедвейта, полного водоизмещения и строительной стоимости СКПК.

Исследование влияния заданной предельно допустимой для эксплуатации судна высоты волнения $h_{3\%}$, выполненное для СКПК с $N_п$ = 300 чел., v_s = 40 уз, $R_{пл}$ = 300 миль, показывает, что с увеличением значения $h_{3\%}$ с 1,5 до 3,5 м оптимальное сочетание L_o/B_o не изменяется, а B_1/T — увеличивается с 2,0 до 3,0. Одновременно несколько ухудшаются экономические показатели СКПК (на 4...5%), что связано с необходимостью увеличения вертикального клиренса и высоты борта проектируемого СКПК и, следовательно, массы и стоимости его корпуса.

Тип ПК (управляемые или стационарные) оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели СКПК. Строительная стоимость СКПК со стационарными ПК всегда ниже, чем СКПК с управляемыми ПК. При этом для СКПК малой пассажировместимости (до 100 чел.), а также СК непассажирского назначения (научно-исследовательских, служебно-вспомогательных, военных и т.п.) выгодно применение стационарных ПК, что существенно (на 30—40%) снижает срок окупаемости капитальных вложений. С ростом пассажировместимости СКПК преимущества использования стационарных ПК снижаются, и при $N_п \geq 500$ чел. срок окупаемости СКПК со стационарными ПК ниже срока окупаемости СКПК с управляемыми ПК не более чем на 7—10%.

Управляемые ПК обеспечивают более комфортные условия пребывания пассажиров и экипажа на борту, снижая параметры килевой и бортовой качки в несколько раз. Современные СК различного водоизмещения, особенно за рубежом, используют системы стабилизации судна на волнении активного типа, включающие управляемые ПК и интерцепторы. При этом для $K_{разг}$ = 0,2...0,3 основная функция управляемых ПК в системе стабилизации — улучшение мореходных качеств, а на судах с $K_{разг} > 0,3$ — дополнительное снижение гидродинамического сопротивления с целью уменьшения мощности главных двигателей СКПК.

Разработанный алгоритм и программа для ПЭВМ позволяют выполнять проектное обоснование скоростных катамаранов с подводными крыльями на основе экономических критериев оптимальности. При этом предельными случаями математической модели являются традиционные скоростные катамараны без подводных крыльев и катамараны с подводными крыльями и 100%-й разгрузкой.

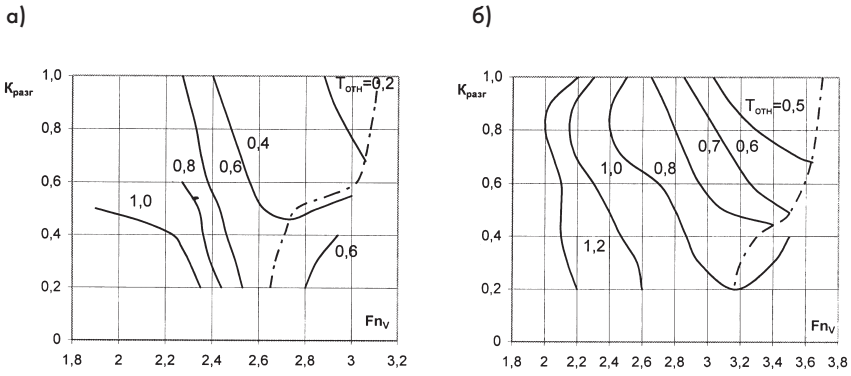


Рис. 6. **Влияние пассажировместимости $N_п$ и относительной скорости движения Fn_V на оптимальные значения коэффициентов гидродинамической разгрузки корпуса $K_{разг}$ СКПК с управляемыми подводными крыльями: *а* — $N_п$ = 100 чел.; *б* — $N_п$ = 300 чел.**

Литература
1. Новые перспективные типы высокоскоростных судов — глиссирующие катамараны, катамараны с гидродинамической и аэростатической разгрузкой, катамараны на подводных крыльях/*С. Г. Ермолаев, Л. А. Тедер, Э. А. Афрамеев и др.*//Материалы по обмену опытом НТО СП им. академика А. Н. Крылова. 1972. Вып. 186.
2. Особенности гидродинамики быстроходных катамаранов/*С. Г. Ермолаев, Э. А. Афрамеев, Л. А. Тедер, Я. С. Рабинович*//Судостроение. 1976. № 8.
3. *Dubrovsky V., Lyakhovitsky A.* Multi-Hull Ships. Backbone Publishing Company. USA. 2001. P. 495.
4. АО «Ассоциация предприятий морского приборостроения»//Судостроение. 2000. № 6. С. 5.
5. *Lyakhovitsky A. G., Sakhnovsky E. B.* Design Date for High — Speed atamarans//ISC'2002 Proceedings, Section A. St. Petersburg, 2002.
6. *Сахновский Э. Б.* Проектная оценка эффективности оборудования скоростного катамарана элементами гидродинамической разгрузки корпуса//Морской вестник. 2003. № 4.
7. *Lyakhovitsky A. G. et al.* The Wash Waves Generated by High-Speed Ships — Prediction and Directive Influence//FAST'2003 Proceedings, Session H, Italy, 2003.
8. *Сахновский Б. М., Сахновский Э. Б.* Оценка нагрузки масс скоростных катамаранов//Материалы конференции, посвященной памяти В. М. Керичева. Нижний Новгород, 2002.
9. *Сахновский Б. М., Сахновский Э. Б.* Учет фактора безопасности при проектировании скоростных судов для прибрежного судоходства//Международная конференция «Безопасность водного транспорта». СПбГУВК, 2003.

ВЫСОКОМОРЕХОДНОЕ СУДНО С АУТРИГЕРАМИ

С. А. Руденко, канд. техн. наук, главный конструктор
ФГУП «Зеленодольское ПКБ»

УДК 629.565.1

Традиционные корабли и суда однокорпусной конструкции часто не удовлетворяют в должной мере современным требованиям к комплексному обеспечению ряда важнейших кораблестроительных и эксплуатационных качеств. В наибольшей мере это относится к небольшим и, следовательно, недорогим кораблям массовой постройки, у которых весьма ограничены характеристики поперечной остойчивости, мореходности, обитаемости, воздушной и подводной шумности, возможности размещения механизмов, оборудования и т. д. На современном этапе развития судостроения возможности совершенствования важнейших кораблестроительных характеристик традиционных однокорпусных судов практически исчерпаны.

Стремление улучшить характеристики за счет нетрадиционных технических решений, в том числе использования подводных крыльев, воздушной подушки, полупогруженных судов, выявило, что преимущества этих решений имеют сугубо ограниченный характер и влекут за собой ряд серьезных недостатков. Это определяет узость областей целесообразного применения таких судов. При этом комплексное улучшение важнейших качеств судов и кораблей остается недостижимым.

Для решения этой задачи в ФГУП «Зеленодольское ПКБ» разработан, теоретически обоснован и экспериментально подтвержден новый архитектурный тип судна с аутригерами (САР). САР состоит из водоизмещающего корпуса и двух боковых плавучестей (аутригеров), соединенных с корпусом посредством мостов. Главная конструктивная особенность САР — полное освобождение корпуса от энергетической установки (ЭУ), которая размещена в двух аутригерах и в сопряженных с ними мостах. Таким образом, каждый аутригер со своим мостом представляет собой предельно завершенный конструктивно-функциональный энергетический модуль, содержащий главную и вспомогательную ЭУ. Конструкция САР защищена авторскими свидетельствами и патентами[1].

С целью экспериментальной проверки теоретических разработок была построена большая самоходная модель САР (полунатурный макет) со следующими характеристиками: длина по ватерлинии 10,4 м, водоизмещение 2,4 т, скорость 13,6 уз (7 м/с), ЭУ — два двигателя от автомобиля «Москвич-408», экипаж — 2 чел. (водитель и экспериментатор).

Правый мост был выполнен разрезным, и аутригер соединялся с мостом через силоизмерители, обеспечивающие осциллографирование гидродинамических сил, действовавших на аутригер в течение всех испытаний модели.

Был проведен большой объем ходовых, маневренных, мореходных и прочностных испытаний модели. При этом скорость хода варьировалась от 3 до 7 м/с, высота волн 3-й обеспеченности равнялась 0,3; 0,4; 0,5; 0,75 м, курсовые углы относительно волн на всех режимах испытаний и при всех высотах волн составляли 0,30, 45, 90, 135 и 180°. При пересчете характеристик модели и условий испытаний для кораблей водоизмещением 1500—2000 т получаются скорости на испытаниях до 40 уз, высота волн до 6—7 м (начало семибального волнения).

Испытания показали, что по сравнению с обычными кораблями такого водоизмещения амплитуды боковой и килевой качки уменьшаются в 5—6 и 3 раза соответственно. Вертикальные перегрузки снижаются в 2,5—3 раза и вплоть до волнения 4—5 баллов не достигают на корабле порога чувствительности человека (начало укачивания) 0,12 м/с^2.

Модель двигалась, почти не качаясь. При этом с увеличением скорости хода устойчивость модели увеличивалась. Потеря скорости на волнении составляла не более 10—15%.

На мореходных испытаниях не обнаружено состояния резонанса качки. Не наблюдались явления слеминга корпуса или мостов, зарывания корпуса в волну или попадания значительных масс воды на палубу корпуса и моста. Не было значительного забрызгивания, оголения днища корпуса и гребных винтов.

На всех режимах испытаний маневрирования относительно волн не требовалось. На предельном волнении высотой 0,75 м (7 баллов для корабля водоизмещением 2000 т) была ограничена скорость хода до 4 м/с (24 уз) без ограничения маневрирования.

[1]А. с. 631381 СССР, 1978. Тримаран/С. А. Руденко; а. с. 895789 СССР, 1981. Многокорпусное судно/С. А. Руденко; а. с. 1221028 СССР, 1985. Судно/С. А. Руденко; пат. 38522 РФ, 1992. Судно паромное пассажирское/С. А. Руденко; пат. 42084 РФ, 1994. Яхта моторная/С. А. Руденко, В. С. Руденко; пат. 2169680 РФ, 2001. Аутригер многокорпусного судна/С. А. Руденко, В. С. Руденко.

Модель пассажирского (круизного) представительского судна с аутригерами «Россиянка-1»

Модель показала хорошую устойчивость на курсе и маневренность. Диаметр установившейся циркуляции при одинаковых частотах вращения гребных винтов в 2 раза меньше нормы для обычного корабля. При работе гребных винтов враздрай модель быстро вращается на месте.

Были имитированы две аварийные ситуации: остановка одного главного двигателя и отрыв одного аутригера (для этого был демонтирован аутригер правого борта по месту штатного разреза моста). В обоих случаях модель двигалась прямо при перекладке на противоположный борт на 10° в первом случае и на 5° во втором (смещенные нули положения руля) и свободно маневрировала на любой борт, в том числе против тяги гребного винта, при перекладке в пределах штатного сектора поворота руля (±35°). При этом диаметр установившейся циркуляции модели против тяги винта был равен норме для неповрежденного однокорпусного корабля.

Теоретические исследования и результаты испытаний самоходной модели стали основой совместных с ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова научно-исследовательских работ, в том числе испытаний буксируемых моделей, проектных проработок натурных судов и кораблей, расчетов их ходкости и эффективности.

Исследования показали, что качества САР обусловлены его схемными особенностями и не зависят от вида полезной нагрузки. Поэтому САР может использоваться в широком диапазоне назначений и видов полезной нагрузки. Многообразие назначений САР основано на двух фундаментальных его особенностях: высоком уровне мореходности и модульном исполнении ЭУ. Эти особенности обусловливают комплексное улучшение основных эксплуатационных качеств кораблей и судов, а именно:

✓ вследствие освобождения корпуса от ЭУ образуется пространство для размещения полезных грузов и штатных помещений корабля, открываются широкие возможности для компоновки общего расположения;

✓ благодаря увеличенному запасу поперечной остойчивости, на САР могут быть приняты более тяжелые высокорасположенные грузы;

✓ использование штатного оборудования небольших САР возможно в условиях волнения моря на 2 балла больше, чем у однотипных однокорпусных кораблей; соответственно возрастает вероятность решения штатных задач по назначению корабля;

✓ вследствие удаления ЭУ из основного корпуса в аутригеры существенно уменьшаются уровни вибрации и воздушной шумности в корпусе и надстройке. Это обстоятельство вместе с уменьшением качки и с улучшением условий размещения значительно повышает условия обитаемости экипажа и пассажиров;

✓ в случае применения тянущих гребных винтов, работающих в равномерном соосном потоке, качественно снижается ходовая вибрация и отдаляется возникновение каких-либо кавитационных явлений, т. е. САР — это уникальная в мировой практике схема судна с гребными винтами, работающими в идеальном потоке, со всеми вытекающими из этого преимуществами;

✓ модульное исполнение ЭУ и удаление ее из корпуса существенно улучшает живучесть ЭУ, повышает пожаробезопасность корабля, технологичность постройки, ремонта и модернизации;

✓ поскольку ремонт ЭУ сводится к замене энергетических модулей, в несколько раз сокращается общее время ремонта и на 20—30% возрастает продолжительность эксплуатации корабля по его прямому назначению, а это приводит к повышению экономичности в течение жизненного цикла, ускорению окупаемости и уменьшению потребной серийности кораблей специального назначения;

✓ при выходе из строя или повреждении любой из оконечностей корабля, в том числе кормы со штатным рулевым устройством, или одного из аутригеров САР не теряет способности движения и управления.

Характерно, что положительные качества САР в наибольшей степени проявляются на относительно небольших кораблях водоизмещением до 3000 т. При этом чем меньше водоизмещение САР, тем ярче его преимущества по сравнению с однокорпусными кораблями такого же назначения. САР обладает такими мореходными качествами, которые присущи традиционным кораблям в 5—7 раз большего водоизмещения. Аналогично сравнение и в части обитаемости.

Высокие эксплуатационные качества САР достигаются архитектурным решением без каких-либо устройств, систем, конструкций или материалов, усложняющих эксплуатацию судна. На САР не используются динамические принципы поддержания, какие-либо высоконапряженные конструкции или процессы. Нет специальных движителей, подводных крыльев, гибких ограждений, успокоителей качки, нетрадиционных устройств, автоматизированных систем управления движением и безопасностью судна и т. п. Не требуется применения алюминиевых, титановых сплавов, высоколегированных сталей и т. п. Все техниче-

ские средства и материалы, используемые на САР, традиционны для массового судостроения.

Особенности схемы САР делают целесообразным использование ее в первую очередь в тех случаях, когда относительно небольшие суда должны с высоким уровнем надежности эксплуатироваться в условиях значительного и даже тяжелого волнения. При этом они должны обладать дополнительными качествами, например, большой автономностью плавания, высоким уровнем обитаемости, низкой подводной шумностью, большими свободными площадями палуб или высокой маневренностью. Поэтому САР могут использоваться в качестве пассажирских судов повышенной комфортности, комбинированных паромов, частных прогулочных и круизных судов или яхт, океанографических и других исследовательских судов, спасательных и промысловых судов, судов снабжения морских буровых установок, кораблей охраны морских границ и экономических зон, патрульных и других кораблей.

Для практической реализации проведенных исследований и экспериментальных работ выполнены проектно-конструкторские проработки судов и кораблей различного назначения. Среди них — пассажирский паром и яхта «Россиянка-1».

Имеются и другие конструктивные решения, в том числе небольших кораблей, снабженных тяжелым вертолетом с постоянным базированием.

Все проработки иллюстрируют возможности создания судов с уникальным комплексом высоких потребительских качеств. На небольшом судне с аутригерами можно успешно реализовать такие пожелания заказчика, которые невозможны для однокорпусного судна или для других известных в настоящее время конструктивных типов судов близкого водоизмещения. Малый САР заменяет крупные дорогостоящие суда традиционной конструкции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИХ СИЛ И ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ КАЧКЕ НА РЕГУЛЯРНОМ ВОЛНЕНИИ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНЫХ ФАКТОРОВ

В. Ю. Семенова, канд. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 629.12.073.243.4

Одним из основных факторов обеспечения безопасности плавания и эксплуатационной надежности судов является прочность судовых конструкций. Для ее оценки необходимо знание нагрузок, действующих на судно в различных условиях эксплуатации, и вызываемых ими напряжений в связях корпуса, от которых зависят статическая и усталостная прочность элементов корпуса и его надежность. При этом наибольшее значение для оценки прочности представляют нагрузки и напряжения, обусловленные воздействием на судно морского волнения.

Для расчета прочности судна, испытывающего воздействие волнения, требуется знание дополнительных давлений на смоченную поверхность корпуса и распределенных по корпусу сил инерции масс судна. Так как данные силы определяются в задачах мореходности, в исследованиях прочности обычно используются методы, разработанные в теории качки.

Основное значение для оценки прочности судов имеют амплитуды перерезывающих сил и изгибающие моменты, действующие в каждом шпангоутном сечении судна. При движении судна «вразрез» волне в условиях шторма, последние достигают максимальных значений, приводящих к снижению общей и местной прочности корпуса. В связи с этим определение перерезывающих сил и изгибающих моментов, возникающих при продольной качке, представляет наибольший практический интерес. Эта задача, базирующаяся на результатах гидродинамической теории линейной продольной качки, рассмотрена в ряде работ зарубежных и отечественных исследователей [1—3] и к настоящему времени считается решенной.

Уточненное определение перерезывающих сил и изгибающих моментов путем учета нелинейных сил второго порядка возможно на основании разработанного автором метода расчета нелинейной продольной качки [4]. В соответствии с методом малого параметра вертикальные перерезывающая сила N_3 и изгибающий момент N_5 могут быть представлены в виде следующих разложений в ряды по малым параметрам ε_3, ε_5, характеризующим относительные амплитуды вертикальной и килевой качки:

$$\begin{aligned} N_3 &= \varepsilon_3 N_3^{(1)}(x_0) + \varepsilon_3^2 N_3^{(2)}(x_0); \\ N_5 &= \varepsilon_5 N_5^{(1)}(x_0) + \varepsilon_5^2 N_5^{(2)}(x_0); \end{aligned} \qquad (1)$$

где x_0 — абсцисса шпангоутного сечения, отсчитываемая от кормового перпендикуляра.

Выражения для линейных составляющих $N_3^{(1)}$, $N_5^{(1)}$ хорошо известны [1, 2]. На основании работы [4] автором получены выражения для составляющих второго порядка перерезывающей силы и изгибающего момента в произвольном шпангоутном сечении с абсциссой x_0:

$$\begin{aligned} N_3^{(2)} &= N_{31}^{(2)}\cos 2\omega_K t + N_{32}^{(2)}\cos 2\omega_K t = F_{V31}^{(2)}\cos 2\omega_K t + \\ &+ F_{V32}^{(2)}\sin 2\omega_K t - [M_0 + \Lambda_{330}^{(2)}]\ddot{\zeta}_g^{(2)} - [M_{330}^{(2)} - U\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\dot{\zeta}_g^{(2)} - \\ &- [\rho g S_0 - U\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\zeta_g^{(2)} - [\Lambda_{350}^{(2)} - M_0 x_{C0}]\ddot{\psi}^{(2)} - \\ &- [M_{350}^{(2)} + U(\Lambda_{330}^{(2)} + x\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}) + (U^2/4\omega_K^2)\,\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\dot{\psi}^{(2)}) - \\ &- [-\rho g S_0 x_{f0} + U(M_{330}^{(2)} + x\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}) - U^2\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\psi^{(2)}; \end{aligned} \qquad (2)$$

$$\begin{aligned} N_5^{(2)} &= N_{51}^{(2)}\cos 2\omega_K t + N_{52}^{(2)}\sin 2\omega_K t = F_{V51}^{(2)}\cos 2\omega_K t + \\ &+ F_{V52}^{(2)}\sin 2\omega_K t - [J_{yy0} + \Lambda_{550}^{(2)}]\ddot{\psi}^{(2)} - [M_{550}^{(2)} + \\ &+ (U^2/4\omega_K^2)(M_{330}^{(2)} - x\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}) - Ux^2\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\dot{\psi}^{(2)} - \\ &- [I_{y0} - U^2(\Lambda_{330}^{(2)} - x\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}) - Ux^2\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}]\psi^{(2)} - \\ &- [\Lambda_{350}^{(2)} - M_0 x_{C0}]\ddot{\zeta}_g^{(2)} - [M_{350}^{(2)} + U(x\lambda_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0}) - \Lambda_{330}^{(2)}]\dot{\zeta}_g^{(2)} - \\ &- [-\rho g S_0 x_{f0} + U(x\mu_{33}^{(2)}\big|_{-L/2}^{x_0} - M_{330}^{(2)})]\zeta_g^{(2)}), \end{aligned} \qquad (3)$$

где $\Lambda_{ij}^{(2)}$, $M_{ij}^{(2)}$, M_0, S_0, x_{f0}, x_{C0}, J_{yy0}, I_{y0} — соответственно присоединенные массы, коэффициенты демпфирования, масса, площадь ватерлинии, абсциссы центра тяжести площади ватерлинии и центра величины, моменты инерции массы судна и площади ватерлинии для части корабля $\sum_0$, расположенной между кормой и шпанго-

утом с абсциссой x_0; $F_{V31}^{(2)}$, $F_{V32}^{(2)}$, $F_{V51}^{(2)}$, $F_{V52}^{(2)}$ — действительные и мнимые составляющие суммарных нелинейных гидродинамических силы и момента второго порядка; $\zeta_g^{(2)}, \psi^{(2)}$ — амплитуды вторых гармоник вертикальной и килевой качки, определяемые решением системы дифференциальных уравнений продольной качки с учетом нелинейных сил [3]; ω_K — кажущаяся частота.

Нелинейные вертикальная сила и моменты $F_{V31}^{(2)}$, $F_{V32}^{(2)}$, $F_{V51}^{(2)}$, $F_{V52}^{(2)}$, действующие на часть корабля Σ_0, определяются согласно методу, подробно изложенному в [4].

На основании разработанной методики расчета перерезывающих сил и изгибающих моментов с учетом нелинейных гидродинамических сил автором были проведены расчеты указанных величин для различных типов судов.

Основные технические характеристики судов

	«Любовь Орлова»	«Художник Сарьян»
Длина L, м	90	157,2
Ширина B, м	16,2	25,4
Осадка T, м	4,65	9,22
Коэффициент δ	0,598	0,626
Коэффициент α	0,732	0,73

На рис. 1—2 приведены графики значений перерезывающих сил и изгибающих моментов в каждом шпангоутном сечении судна, рассчитанные соответственно по линейной $N^{(1)}$ и нелинейной N^{Σ} теориям. Значения даны в безразмерном виде:

$$\bar{N}_3^{(1)} = \frac{N_3^{(1)}}{\rho g a_w L B}; \quad \bar{N}_3^{\Sigma} = \frac{N_3^{\Sigma}}{\rho g a_w L B};$$
$$\bar{N}_5^{(1)} = \frac{N_5^{(1)}}{\rho g a_w L^2 B}; \quad \bar{N}_5^{\Sigma} = \frac{N_5^{\Sigma}}{\rho g a_w L^2 B}; \qquad (4)$$

где a_w — полувысота волны.

Для каждого судна расчеты проводились для двух значений частоты, соответствующих положениям супергармонического (возникает на частоте волнения, равной половине собственной частоты качки) и основного резонансных режимов продольной качки при различной скорости. Выявлено, что для кривых распределения по длине корпуса амплитуд перерезывающих сил независимо от типа судна и условий движения в большинстве случаев характерно наличие минимума вблизи мидель-шпангоута и двух максимумов, располагающихся на расстоянии 4—6 шп. от носового и кормового перпендикуляров (рис. 1, в). Кривые распределения вертикального изгибающего момента по длине в основном имеют один максимум, располагающийся вблизи мидель-шпангоута (рис. 1, г). На низких частотах для судов с бульбообразными носовыми оконечностями (теплоход «Любовь Орлова») наблюдается второй небольшой максимум, расположенный примерно на расстоянии 2—3 шп. от носового перпендикуляра (см. рис. 1, б).

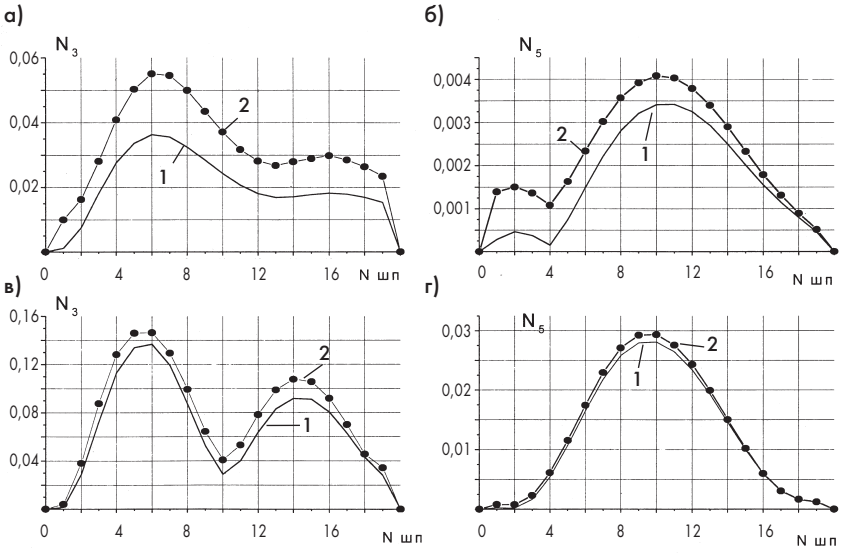


Рис. 1. **Значения линейных и нелинейных вертикальных перерезывающих сил (*а, в*) и изгибающих моментов (*б, г*), возникающих при продольной качке теплохода «Любовь Орлова» при Fr = 0,306, частоте волнения $\omega = 0{,}4\ c^{-1}$ (*а, б*) и $\omega = 0{,}7\ c^{-1}$ (*в, г*):**
1 — расчет по линейной теории; *2* — расчет по нелинейной теории

Анализ результатов расчетов волновых нагрузок, полученных с учетом нелинейных гидродинамических сил, показал, что максимальное влияние нелинейных факторов наблюдается на частотах, соответствующих супергармоническим резонансным режимам. Амплитуды безразмерных перерезывающих сил $\bar{N}_3^{\Sigma}$, определенные по нелинейной теории, могут быть на 30—50% больше соответствующих значений, полученных по линейной теории (рис. 1, а).

Влияние нелинейных факторов на амплитуды вертикальных изгибающих моментов в основном проявляется в районе носовой оконечности, особенно на судах с бульбообразной формой оконечности. Амплитуды изгибающих моментов $\bar{N}_5^{\Sigma}$, определенные с учетом нелинейных гидродинамических сил, могут быть в 3—5 раз больше соответствующих значений, полученных по линейной теории (рис. 1, б).

Для частот, соответствующих положению основных резонансов продольной качки, влияние нелинейных факторов в большей степени проявляется на амплитудах вертикальных перерезывающих сил и в большинстве случаев не превышает 20%. Однако для судов, имеющих большие значения отношения B/T и скорости хода, перерезывающие силы, определенные по нелинейной теории, могут на 40% превышать определенные без учета нелинейных гидродинамических сил (см. рис. 1). Что касается значений амплитуд изгибающих моментов, то влияние нелинейных факторов в зоне основного резонанса для всех рассмотренных в работе типов судов ничтожно мало или совсем отсутствует (рис. 1, г).

На рис. 2 приведены результаты расчетов амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) вертикальных перерезывающих сил и изгибающих моментов на миделе и на третьем теоретическом шпангоуте в зависимости от частоты для контейнеровоза «Художник Сарьян». АЧХ изгибающих моментов в произвольных шпангоутных сечениях могут иметь разнообразную форму в зависимости от распределения нагрузки, скорости судна, формы обводов смоченной поверхности корпуса. Тем не менее в большинстве случаев это кривые с ярко выраженным одним максиму-

мом (рис. 2, г). Однако не исключена более сложная форма АЧХ, состоящая из двух максимумов (рис. 2, в).

Для АЧХ вертикальных перерезывающих сил, действующих в различных сечениях судна, также характерны две формы кривых: с одним максимумом в диапазоне $0,45<\omega<0,65$ и с двумя, в диапазонах $0,45<\omega<0,65$ и $0,8<\omega<0,95$ (рис. 2, *а*, *б*).

Из полученных результатов видно, что влияние нелинейных гидродинамических сил в основном проявляется при расчете перерезывающих сил, действующих в различных шпангоутных сечениях корпуса в диапазоне низких частот $\omega<0,6$ (рис. 2, *а*, *б*). В данной области значения перерезывающих сил N_3^{Σ}, определенных с учетом нелинейных гидродинамических сил, могут быть на 30—60% больше значений, определенных по линейной теории $N_3^{(1)}$. При дальнейшем увеличении частоты влияние нелинейности отсутствует.

Расчеты изгибающих моментов в различных шпангоутных сечениях, проведенные по линейной и нелинейной теориям, показали незначительное влияние нелинейных факторов на всем диапазоне расчетных частот, за исключением судов с бульбообразными носовыми оконечностями. Для таких судов влияние нелинейных факторов значительно проявляется в районе первых трех носовых шпангоутов при частотах $\omega<0,7$, и определенные с их учетом изгибающие моменты могут быть в 3 раза больше изгибающих моментов, рассчитанных по линейной теории (рис. 2, в)

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

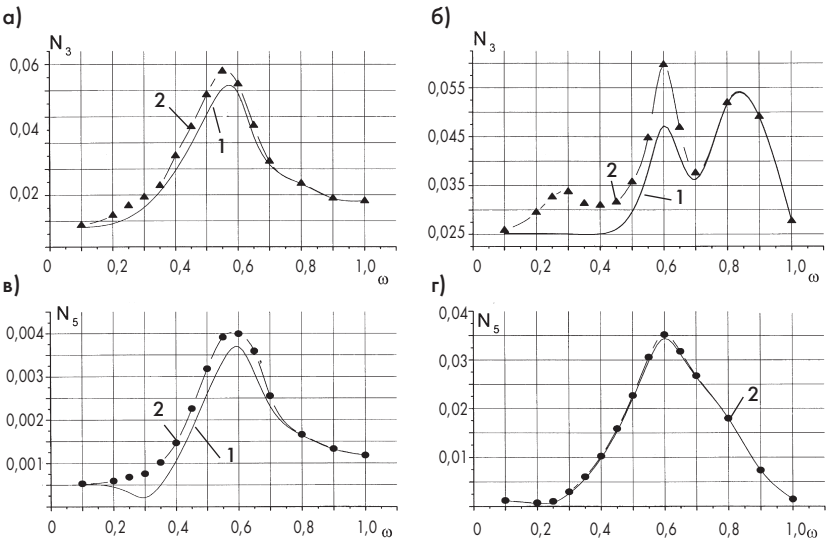


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики волновых вертикальных перерезывающих сил (*а*, *б*) и волнового изгибающего момента (*в*, *г*), действующих на контейнеровоз «Художник Сарьян» при Fr = 0,2526 в районе 3-го теоретического шпангоута (*а*, *в*) и миделя (*б*, *г*):
1 — расчет по линейной теории; *2* — расчет по нелинейной теории

влияние нелинейных факторов на амплитудные значения перерезывающих сил является значительным и составляет в области супергармонического резонанса 30—50% и 20% в области основного;

в большей степени влияние нелинейных факторов наблюдается в носовой оконечности судна;

учет нелинейных гидродинамических сил при расчете продольной качки судов со значительным развалом корпуса в носовой оконечности может приводить к трех—пятикратному увеличению амплитуд вертикальных изгибающих моментов по сравнению с линейной теорией на частотах, соответствующих положению супергармонических резонансов;

с увеличением отношения B/T судна и скорости хода увеличивается влияние нелинейных факторов как на амплитуды перерезывающих сил, так и на изгибающие моменты;

по мере выхода судна из зоны основного резонанса продольной качки, влияние нелинейных факторов на значения перерезывающих сил и изгибающих моментов исчезает и необходимость их учета отпадает.

Литература

1. *Ремез Ю. В.* Качка корабля. Л.: Судостроение, 1983.
2. *Короткин Я. И., Рабинович О. Н., Ростовцев Д. М.* Волновые нагрузки корпуса судна. Л.: Судостроение, 1987.
3. *Journee J. H. J., Beukelman W.* Trial, A computerprogram to calculate the behaviour of a ship in regular and irregular longitudinal waves//Delft University of Technology Papers on Shiphydromechanics. Vol. III, Rapp.: 451-M.
4. Балтийский инженерный центр. Подготовка предложений для правил Регистра судоходства РС в части ограничений по погоде из условий мореходности для судов различных типов. Отчет по теме. 2003.

СЕЙНЕР-ТРАУЛЕР «LIBAS»

УДК 629.562.3

Новейший норвежский сейнер-траулер «Libas» — это результат совместной работы российских и норвежских судостроителей. Его закладка состоялась 29 апреля 2003 г. на стапеле ОАО «Выборгский судостроительный завод».

Судно спроектировано фирмой Vik-Sandvik (Норвегия) на класс DNV. Наибольшая длина 94 м, между перпендикулярами — 82,4 м, ширина 17,6 м, высота борта до главной палубы 10,1 м.

К осени 2003 г. были сформированы корпус и надстройка, установлены главный двигатель, вспомогательные механизмы, подруливающее устройство и др. Для достройки судно отбуксировали на норвежскую верфь Fitjar Mek Verksted.

При создании сейнера-траулера были применены новые идеи. Особое внимание уделялось безопасности и удобству работы экипажа на промысле. Так, до минимума снижен уровень шума — «Libas» стало первым рыболовным судном, получившим сертификат DNV о бесшумности его помещений. Промысловая команда работает в отапливаемом помещении под верхней палубой. Улов хранится в охлаждаемом трюме объемом 2000 м^3 (т. е. максимальных размеров по норвежским правилам), который не имеет люковых крышек. Улов выгружается на берег по трубопроводам с помощью специаль-

Сейнер-траулер «Libas» (фото Simrad of Norway)

ной системы фирмы Optimar Heroy, включающей два вакуумных насоса и четыре компрессора, что обеспечивает производительность выгрузки до 350 т рыбы в час. Таким образом исключаются потери продукции, а также вероятность загрязнения окружающей среды. Немаловажно и то обстоятельство, что эту операцию можно осуществлять силами только экипажа, не привлекая портовых рабочих.

Все эти новшества потребовали увеличения длины судна до 94 м, хотя в Норвегии к тому времени уже имелись рыболовные суда с такой промысловой эффективностью и такими же размерами грузового трюма, но меньших размерений.

Главный двигатель судна — дизель Wärtsilä Vasa 12V32 мощностью 6000 кВт при 750 об/мин — обеспечивает скорость хода 21 уз с помощью гребного винта диаметром 4 м. Такая скорость необходима для быстрейшей доставки улова к потребителю. Для повышения маневренности во время промысловых операций в кормовой части размещено туннельное подруливающее устройство Brunvoll FU-80 мощностью 1100 кВт, а в носовой — выдвижное полноповоротное устройство Brunvoll AR-80, мощность которого (1470 кВт) достаточна для обеспечения скорости до 10 уз (поэтому оно может использоваться и в качестве вспомогательной пропульсивной установки).

Электроэнергию на судне вырабатывают валогенератор мощностью 3000 кВт и два дизель-генератора по 1875 кВт (дизель Volvo Penta D65A-MS-KC, генератор Alconza Nir 4568A-4LW). На стоянках в портах используется агрегат Sabb Iveco Aifo IGM 8210 SRM45.30 на 380 кВ·А.

Рыбные насосы, краны и лебедки поставила фирма Karmoy Winch. Охлаждение улова в трюме осуществляет рефрижераторная система Midt-Troms Kjoleservice с помощью компрессора Howden мощностью 1100 кВт.

Промысловое оборудование норвежских фирм Triplex и Karmoy Winch расположено в помещении под надстройкой судна. Для управления оборудованием и системами используются компьютеры и переносные радиопанели, имеется и ручное управление.

На судне предусмотрена возможность проведения научных исследований — есть лаборатория, помещения для специалистов, в кормовой части могут быть установлены контейнеры с приборами и оборудованием.

Ходовой мостик имеет круговой обзор. Электронное оборудование для управления судном и промысловыми операциями в основном поставлено фирмами Simrad, Kongsberg Maritime, Also, Kaijo, Sodena, Moltech Norge.

Экипаж состоит из 8 чел. (плюс один курсант).

(Fishing News International. 2004. August. Vol. 43. N 8. P. 28—32).

«АРГУС» — СУДНО-СБОРЩИК НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ И СТОЧНЫХ ВОД

С. С. Никитенков (ФГУП ЦНИИТС), **А. Ф. Игумнов** (ФГУП «Дальневосточный завод "Звезда"»)

УДК 629.565:628.515

По заказу морской администрации порта «Восточный» Приморского края на ФГУП «Дальневосточный завод "Звезда"» построено и сдано заказчику в марте 2005 г. судно «Аргус» для сбора с судов нефтесодержащих вод, сточных вод и мусора. Это второе модернизированное судно пр. 21460.

Головное судно «Брянск» построено на ОАО «Выборгский судостроительный завод» и сдано в эксплуатацию администрации нефтяного терминала Приморска Ленинградской области в 2002 г. Его технические характеристики подробно описаны в журнале «Судостроение» № 5, 2002 г.

Основные отличия второго судна от головного следующие:

район танков уменьшен на четыре шпации с соответствующим увеличением длины машинно-котельного отделения на три шпации и длины носового насосного отделения на одну шпацию;

рулевая рубка стала длиннее на пять шпаций;

количество танков увеличено до восьми (вместо шести на головном судне);

водогрейный котел заменен на паровой.

Существенным отличием от головного судна стала реализация требования заказчика об очистке льяльных (нефтесодержащих) вод на борту судна с разделением на фракции вода—нефть. Предусмотрено, что льяльные воды на борту судна сепарируются с выделением топлива, пригодного для использования его для собственных нужд или передачи береговым потребителям.

Технология разделения нефтесодержащих вод следующая:

прием нефтесодержащих вод;

трехступенчатый отстой нефтесодержащих вод в двух линиях (по три танка льяльных вод в каждой) с перекачкой из танка в танк двумя насосами (один из них — резервный);

откачка отстоявшихся нефтеостатков из каждого танка льяльных вод в танк нефтеостатков тоже двумя насосами (один — резервный);

откачка воды из танков после отстоя нефтеостатков за борт через два сепаратора и два ионитовых фильтра (по одному в каждой линии) с возможностью параллельной и последовательной работы сепараторов;

откачка за борт в разрешенных районах или в береговые сооружения сточных вод двумя насосами (один — резервный).

Технический проект на модернизацию судна по заданию МАП «Восточный» разработан ФГУП ЦНИИТС/КБ «Восток» под руководством главного конструктора проекта С. С. Никитенкова. Рабочая документация разрабатывалась техническим центром ОАО «Выборгский судостроительный завод» при техническом сопровождении специалистами КБ «Восток».

Специализированное судно «Аргус» выводится из акватории завода на ходовые испытания

Контракт на постройку был подписан в августе 2003 г. Разработку технического проекта закончили в ноябре 2003 г., а рабочая конструкторская документация была полностью готова в мае 2004 г.

Этапы постройки судна: закладка — март 2004 г., спуск на воду — октябрь 2004 г., ходовые испытания — февраль 2005 г. Строительство осуществлялось под руководством старшего строителя В. В. Горяйнова.

Необходимо отметить, что разработка плазово-технологической документации осуществлялась с использованием обновленной версии АС «Ритм-Судно» после обучения специалистами ФГУП ЦНИИТС заводчан на примере закладной секции. Сборка секций корпуса, за исключением кормовой оконечности, производилась без использования постелей.

Техническое сопровождение строительства судна осуществлялось без представительства проектанта на заводе. Все конструкторские вопросы, возникавшие в процессе производства, в том числе по конструктивным улучшениям проекта по предложениям представителей заказчика, решались заводскими специалистами под руководством заместителя главного инженера завода А. Ф. Игумнова, заместителя главного конструктора А. А. Захарьянца, ведущего конструктора В. П. Львова и сдаточного механика Н. И. Кулыгина в тесном контакте с проектантами судна (руководителями и конструкторами КБ «Восток» — С. С. Никитенковым, Г. К. Мурановым, К. Н. Орловым и др., Выборгского судостроительного завода — С. А. Ерохиным, Н. П. Коноваловым и др.) и представителями заказчика (руководителями и специалистами технической и экологической служб Восточного филиала ФГУП «Росморпорт» — В. А. Фариной, Е. Г. Гиричем, В. Г. Мокренком, А. А. Киселевым и др.).

Необходимо отметить, что по всем характеристикам судно полностью отвечает техническому заданию заказчика и принято без существенных замечаний.

КОНФЕРЕНЦИИ НТО

Ленинградское областное правление НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова проводит в 2005 г. в Санкт-Петербурге следующие конференции и выставки:

21 апреля — II специализированная конференция «Интеграция предприятий» (Организационные и технологические схемы электронного взаимодействия участников создания и эксплуатации корабля. Инновационный проект в судостроении) — в ФГУП ЦНИИТС;

28 июня — VI Всероссийская научно-практическая конференция МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении-2005» — в ОАО СЗ «Северная верфь»;

7—11 сентября — VI Международная конференция и выставка по морским интеллектуальным технологиям «МОРИНТЕХ-2005» — в Государственном региональном образовательном центре Минатома РФ, выездное заседание — на теплоходе «Кронштадт».

ПОСЛЕДНИЕ ПРЕДВОЕННЫЕ МОНИТОРЫ ВМФ СССР

А. В. Платонов, канд. воен. наук (ВМА им. адмирала Н. Г. Кузнецова)

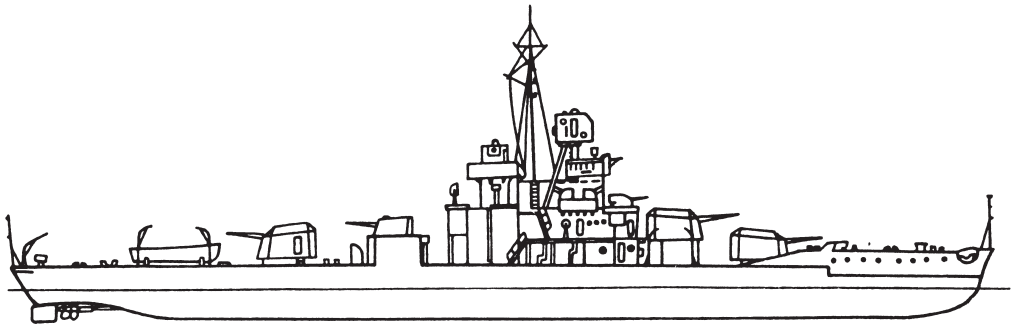
УДК 629.54

С вводом в строй в 1936—1937 гг. шести мониторов типа «Железняков», советское командование сочло, что Днепровская флотилия получила необходимую боевую устойчивость, чего нельзя было сказать о традиционно неустойчивом Дальневосточном регионе. В те годы южная часть Сахалина принадлежала Японии, и в случае войны Татарский пролив вместе с устьем Амура становился районом боевых действий. Одновременно в 1933 г. в будущем Комсомольске-на-Амуре заложили новый судостроительный завод, который в перспективе рассматривался как крупнейший промышленный центр на советском Дальнем Востоке. Все это вместе взятое, а также специфические физико-географические условия Татарского пролива и нижнего течения Амура требовали создания специальных кораблей для боевых действий в этом районе. Ими могли стать мореходные канонерские лодки, мониторы или броненосцы береговой обороны.

По существовавшему в то время мнению о боевом применении и конструктивных особенностях кораблей различных классов выходило, что оптимальным вариантом будет некий симбиоз монитора и броненосца. Напомним, что в 30-е годы морской монитор — это корабль, имеющий одну артиллерийскую башню крупного калибра (305—356 мм) и предназначенный для обстрела береговых объектов. Общепринятым образцом для подражания считался британский «Erebus». Новейшие броненосцы береговой обороны принадлежали скандинавским странам, и среди них выделялись финские типа «Väinämöinen». Эти корабли имели нормальную «броненосную» архитектуру, артиллерию «умеренного» 280-мм калибра, были более мореходными и маневренными, чем британские мониторы. Кроме того, они являлись универсальными в том плане, что предназначались для поражения береговых объектов и боя с кораблями противника.

От морского монитора в британском варианте сразу отказались именно из-за его узкой специализации. Финский же броненосец был слишком крупным кораблем для реки, даже такой полноводной, как Амур. Поэтому новый корабль решили строить близким по основным размерениям к хорошо себя зарекомендовавшим мониторам еще дореволюционной постройки типа «Шквал», но по «броненосной схеме», т. е. более мореходным и с «классической архитектурой». В частности, согласно тактико-техническому заданию (ТТЗ) от 26 декабря 1933 г. восемь 130-мм орудий предполагалось разместить в четырех линейно-возвышенных башнях.

Однако все пожелания заказчика в заданное водоизмещение уложить не удалось. Поэтому в утвержденном 2 июля 1935 г. техническом проекте, получившем номер 1190, при увеличившемся водоизмещении проектируемого корабля на нем отсутствовал зенитный калибр дальнего боя. Зато появились 45-мм орудия, но в башнях от танка Т-28, т. е. совершенно не пригодные для ведения огня по воздушным целям (можно предположить, что в документации так «неудачно» названы башни 40-К, испытания которых как раз завершались). Впрочем, в проекте оговаривалась возможная замена



Вид сбоку монитора пр. 1190

По материалам ЦВМА, ф. 2, 13, 4977.

О проектировании и постройке первых советских мониторов см.: Судостроение. 2005. № 1. С. 27—31.

45-мм орудий на 37-мм зенитные автоматы. В техническом проекте отсутствовали минные рельсы, но предусматривались гидросамолет СПЛ и грузовая стрела для него.

Головной монитор пр. 1190 «Лазо» (с 1940 г. «Хасан») заложили 18 апреля 1936 г. на заводе «Красное Сормово». За ним последовали еще два — «Симбирцев» («Перекоп») и «Серышев» («Сиваш»). Но 2 марта 1938 г. нарком ВМФ утвердил изменения в проекте уже строившихся кораблей. При этом водоизмещение еще более возросло, а количество башен главного калибра сократилось до трех. Вместо четвертой решили установить спаренную 76-мм зенитную установку 39-К. Теперь стандартное водоизмещение должно было составить 1630, а полное — 1790 т при длине 83 м, ширине 11 м и осадке 2,85 м.

Корабли имели плоскодонный корпус с ледокольными обводами носовой части, а также подкрепления для ледового плавания и небольшой полубак, который обеспечивал мореходность до 5—7 баллов. Набор выполнялся клепаным, наружная обшивка и палуба — сварными. Высота борта на миделе составила 4 м, начальная метацентрическая высота — 1,4 м (табл. 1).

Постройка мониторов шла медленно и осложнялась постоянными корректировками проекта, вызванными изменениями состава вооружения и возрастанием массы башен главного калибра. Дело в том, что для этих кораблей решили спроектировать новые башенные установки Б-28. Задание на их разработку выдали еще в марте 1936 г., но работа затянулась, и рабочий проект утвердили только в декабре 1939 г. Башня Б-28 разрабатывалась параллельно с башней Б-2-ЛМ, предназначенной для эсминцев, но в отличие от последней не разделялась продольной переборкой на два орудийных отсека. Кроме того, из-за малой высоты борта мониторов подбашенное отделение разместили прямо в погребе, что позволило сократить количество перегрузок, а значит и расчет башни. Снарядный погреб располагался внутри жесткого барабана, а зарядный вне его.

Полигонные испытания опытного образца шли в марте—апреле 1941 г., тогда же начались и заводские испытания первых шести се-

Таблица 1

Основные тактико-технические элементы мониторов пр.1190

Основные элементы	ТТЗ, 1933	Общий проект, 1935	«Хасан», 1942 (1944)
Водоизмещение, т:			
стандартное	1200	1450	1704
нормальное	•	1540	1802
полное	•	1620	1900
Главные размерения, м:			
длина наибольшая	•	82	88,03
ширина наибольшая	•	11	11,09
осадка наибольшая	2,4	2,7	2,94
Высота над ватерлинией, м:			
палубы на миделе	•	•	1,3
палубы в носу	•	•	2,6
палубы в корме	•	•	1,2
ходового мостика	•	•	8,3
клотика	•	•	21,3
Главная энергетическая установка:	Дизельная	Дизельная	Дизельная
мощность, л. с.	• x 800	4 x 800	4 x 800
марка дизеля	38-КР-8	38-КР-8	38-КР-8
число винтов	•	4	4
Источники электроэнергии:			
дизель-генераторы	•	•	МП-551-?
суммарной мощностью, кВт	•	•	4 x 16,75
вырабатываемый ток, напряжение	•	•	Постоянный 230 В
Запас топлива, т:	Соляр	Соляр	Соляр
нормальный	•	•	89
полный	•	•	171,2
Скорость хода, уз (км/ч):			
наибольшая	15 (27,8)	15 (27,8)	15,4 (28,5)
экономическая	•	•	10 (18,5)
Дальность плавания, миль (км): скоростью хода эконом.	1500 (2778)	1500 (2778)	5919 (11000)
ВООРУЖЕНИЕ			
Главный калибр:			
кол. стволов — калибр в мм/ длина в кал. — кол. установок	2—130/45 —4	2—130/45 — 4	2—130 — 3
боезапас	12000	12000	900
Зенитный калибр дальнего боя:			
калибр в мм/ длина в кал. — кол. установок	100/50 — 4	—	2—76,2 — 2
боезапас	800	—	1200, 84 в кранцах
Зенитный калибр ближнего боя:			
кол. стволов — калибр в мм — кол. установок	—	45-мм — 6	2—45 — 3
боезапас	—	3000	3000+2000 в перегруз, 216 в кранцах
Зенитные пулеметы: кол.стволов — колибр в мм — кол. установок	12,7-мм — 6	12,7-мм — 6	2—12,7 — 5
мины заграждения	Предусмотреть	—	Обр.1926 г. — 29
бомбосбрасыватели	—	—	2
глубинные бомбы	—	—	М-1 — 12
боевые прожекторы	75-см — 2	90-см — 2	МПЭ-э6,0-2
Бронирование, мм:			
главный бортовой пояс	75 (цитадель), 37,5 (оконечности)	75 (цитадель), 37,5 (оконечности)	75 (цитадель), 37,5 (оконечности)
верхняя палуба	20	20	40 (цитадель), 20 (оконечности)
траверсы	25	25	25
боевая рубка—крыша	50	50	50
боевая рубка—стенки	100	100	100
Экипаж, чел.	Офицеров — 10, старшин — 50, рядовых — 100 Всего — 160	Офицеров — 10, старшин — 46, рядовых — 98 Всего — 154	Офицеров — 17, старшин — 51, рядовых — 183 Всего — 251

Примечания: 1. В скобках указан год, на который приведены ТТЭ. 2. «Перекоп» до 1947 г. имел в качестве главного калибра три 130-мм артустановки Б-13, после чего их заменили на три Б-2-ЛМТ. «Сиваш» имел такие артустановки с постройки. Мореходность всех мониторов — 6 баллов.

Мониторы (сверху вниз) «Хасан», «Перекоп» (с временным составом вооружения) и «Сиваш»

рийных образцов, из которых три доставили на Амур и установили на головном мониторе «Хасан». Поскольку изготовлением Б-28 занимался завод «Большевик», то с началом блокады Ленинграда их производство само по себе прекратилось и из-за своей малосерийности нигде не возобновлялось. Но «Перекоп» и «Сиваш» уже находились на плаву, вот тогда и вернулись к идее модификации башни Б-2-ЛМ. Дело в том, что еще в декабре 1938 г. был разработан эскизный проект установки Б-2-КМ (на 80% унифицированной с Б-2-ЛМ), планировавшейся для крейсеров и мониторов. Но тогда от нее отказались в пользу Б-28, а теперь работы продолжили, завершив в 1943 г. разработку башни Б-2-ЛМТ, которая в отличие от Б-2-ЛМ имела толщину лобовой брони 100 мм при остальном бронировании в 50 мм, масса ее достигла 90,9 т. В 1946 г. изготовили шесть таких установок специально для второго и третьего корпусов мониторов пр. 1190. Таким образом, на однотипных мониторах оказались башни разных образцов.

На кораблях стояли приборы управления стрельбой «Мол». КДП имел солидное бронирование: стенки и крыша по 8 мм, кожухи дальномеров — 2 мм — и весил 9,45 т. Башни Б-28 имели свой автомат стрельбы, который также обеспечивал стрельбу по невидимой береговой цели с использованием вспомогательной точки наводки. Такого башенного автомата не было ни в одном флоте мира. Башни обеспечивались визирами ВБ-1 и МБ-3.

В отличие от остальных советских мониторов корабли пр. 1190 имели зенитный калибр дальнего боя. Его создание началось в 1936 г. при проектировании спаренной 76-мм башенной установки 39-К, морские испытания которой провели на эсминце «Шаумян» в августе 1939 г. В 1940 г. изготовили первые шесть серийных систем, в 1941 г. — еще девять, на этом их производство завершилось. Шесть башен 39-К отправили в Хабаровск для мониторов пр. 1190. Стрельбу 76-мм орудий обеспечивали приборы управления зенитным огнем «Мол-3» со стабилизированным визирным постом СВП-29 и гировертикалью «Газон-1».

Корпус первого монитора, разобранный на 260 секций, в 1939 г. перевезли по железной дороге в Хабаровск, где заложили вторично на судомеханическом заводе им. С. М. Кирова (завод № 368). Спустили его на воду 30 августа 1940 г., а в строй «Хасан» вошел лишь в 1942 г. Два других монитора спустили на воду в 1941 г., «Перекоп» вступил в строй в 1944 г., а «Сиваш» — в 1946 г. Развитие событий в сентябре 1945 г. несколько отличалось от того, как это виделось в середине 30-х. Отсутствие противника в устье Амура исключило применение мониторов в ходе военных действий с Японией. После освобождения эти корабли стали вообще не нужны на Дальнем Востоке: слишком большая осадка делала невозможным их применение на пограничном участке Амура, а слишком

низкая мореходность не позволяла эффективно использовать их в районе пролива Лаперуза и Южных Курил. По этой причине, прослужив всего 7—10 лет в Николаевске-на-Амуре, мониторы пр. 1190 были выведены из боевого состава флота.

Параллельно с проектированием мониторов типа «Хасан» еще в 1934 г. начались работы по созданию мониторов типа «Шилка» (пр. СБ-57). Эти корабли предназначались для среднего течения Амура и должны были заменить мониторы типа «Шквал». Идентичность систем вооружения и технических средств с мониторами пр. 1190 позволила бы значительно упростить тыловое и техническое обеспечение боевого ядра Амурской флотилии. Три корабля пр. СБ-57 заложили в Киеве на заводе № 300 в декабре 1939 г. под наименованиями «Шилка», «Аргунь» и «Волочаевка». Первый и третий корпуса спустили на воду весной 1941 г. К тому времени резко изменилась политическая ситуация в европейской части страны, что привело, в частности, к созданию Дунайской флотилии, в противовес румынской дивизии речных кораблей, в состав которой входили мониторы, хоть и устаревшие, но гораздо более мощные, чем отечественные типа «Железняков».

По этой причине все три новых корабля решили передать в Дунайскую флотилию, и два первых корпуса в сентябре 1940 г. даже переименовали в «Видлицу» и «Каховку». Именно на «Видлицу» и «Волочаевку» установили первые четыре башни Б-28. Переориентация мониторов на новый театр военных действий, по мнению ВМФ, требовала некоторой переработки проекта, в том числе увеличения количества (по пять) башен 41-К и ДШКМ-2Б. Но и эти меры считались временными, в перспективе планировалось 45-мм полуавтоматы заменить 37-мм автоматами. Одновременно потребовалось увеличить скорость хода, для чего хотели заменить дизели 38-КР-8 на 9Д с наддувом мощностью 1100 л. с. Все это должно было привести к увеличению численности экипажа на 22 чел. и осадки до 1,2 м.

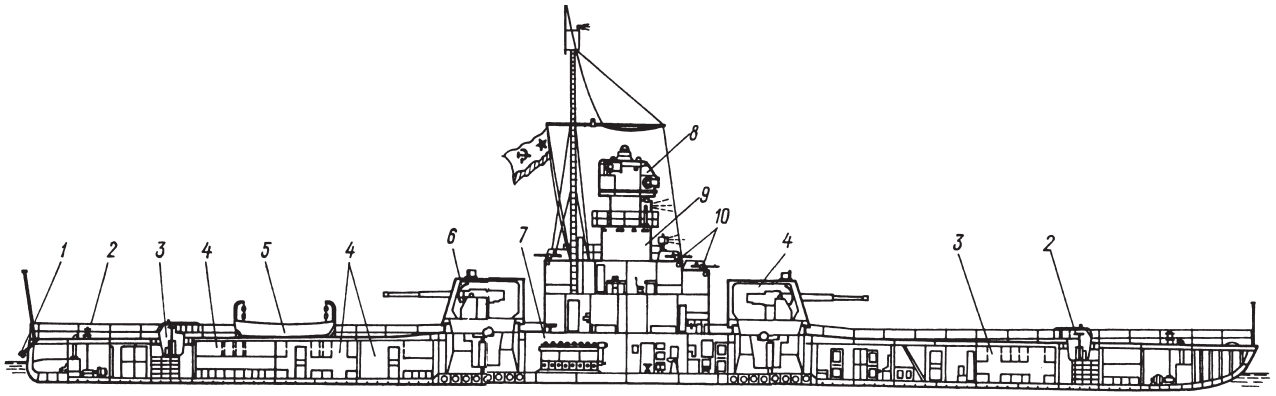
Распоряжением Комитета Обороны от 28 мая 1941 г. разрешались замена дизелей, увеличение количества башен 41-К до шести, а ДШКМ-2Б — до четырех, оборудование на верхнем ярусе надстройки поста управляющего зенитной стрельбой, размещение части личного состава в подвесных койках. И это в то время, когда два корпуса из трех уже спустили на воду! Тем более, что с новыми дизелями скорость возрастала всего на один узел (с 12 до 13), а дальность плавания оставалась прежней (табл. 2).

Таблица 2

Основные тактико-технические элементы мониторов пр.СБ-57 и нового для Дуная

Основные элементы	СБ-57, 1940	Монитор для реки Дунай, 1941
Водоизмещение, т:		
стандартное	735	1200
полное	800	1250
Главные размерения, м:		
длина наибольшая	71,7	80
ширина наибольшая	11,3	12
осадка наибольшая	1,15	1,6
Главная энергетическая установка:	Дизельная	Дизельная
мощность, л.с.	2 x 800	2 x 1800
марка дизеля	38-КР-8	30Д
число винтов	2	2
Источники электроэнергии:		
дизель-генераторы	—	—
суммарная мощность, кВт	3 x 51	•
вырабатываемый ток, напряжение	Постоянный 230 В	Переменный 220 В
Запас топлива, т:	Соляр	Соляр
нормальный	15	•
полный	15	•
Скорость хода, уз (км/ч):		
наибольшая	12 (22,2)	13 (24)
экономическая	•	10 (18,5)
Дальность плавания экономической скоростью, миль (км):	810 (1500)	11000 (1852)
ВООРУЖЕНИЕ		
Главный калибр:		
кол. стволов х калибр в мм обозначение установки — кол. установок	2—130 Б-28 - 2	2—152-мм Г МЛ-20 - 2
Боезапас:	400	600
ПУС	«Мол»	«Мол»
калибр в мм/ длина в кал. — кол. установок	100/50 — 4	—
Зенитный калибр ближнего боя:		
кол. стволов х калибр в мм обозначение установки — кол. установок	2—45 41-К - 2	4—37 46-К - 2
Боезапас:	2000	8000
зенитные пулеметы калибр в мм — кол.пул.	12,7-мм — 6	12,7-мм — 6
боевые прожекторы	МПЭ-э6,0-2	90-см
Бронирование, мм:		
главный бортовой пояс	50 (цитадель), 16 — (оконечности)	75 (цитадель), 8—16 (оконечности)
верхняя палуба	30 (цитадель), 8 — (оконечности)	50 (цитадель), 8 — (оконечности)
боевая рубка—крыша	20	60
боевая рубка—стенки	50	100
пулеметные гнезда	10	Противопульная
Экипаж, чел.	Всего — 130	•

К началу войны мониторы не успели войти в строй, но два спущенных на воду корабля решили вывести из Днепра в Черное море. Однако их успели отбуксировать только до Запорожья, когда германские войска форсировали Днепр ниже по течению. При дальнейшем наступлении противника, 19 августа затопили «Видицу», при этом сбросив ее башни за борт. Второй монитор «Волочаевка» в момент взрыва Днепрогэс образовавшейся волной просто выбросило на берег. Какое-то время корпус использовался как укрытие,



Продольный разрез монитора типа «Шилка» (пр. СБ-57):
1 — якорь Холла; *2* — шпиль; *3* — 45-мм башенная установка 41К; *4* — помещение команды; *5* — 6-весельный ял; *6* — 130-мм двухорудийная башенная установка Б-2-КМ; *7* — машинное отделение; *8* — командно-дальномерный пост (КДП); *9* — боевая рубка; *10* — 12,7-мм башенная установка ДШК

а 4 октября был взорван. «Каховку» спустили на воду 18 сентября и только для того, чтобы затопить в ковше завода. Во время оккупации Киева немецкие специалисты несколько раз пытались поднять «Каховку» (затопленный корпус не позволял использовать судостроительный завод по прямому назначению), но безуспешно. Корабль подняли 10 декабря 1944 г. советские спасатели. После осмотра корпуса его восстановление признали нецелесообразным, и корабль сдали на слом.

Внеплановое перераспределение строящихся речных кораблей привело к тому, что для Пины они оказались излишне крупными (типа «Железняков»), для Амура — наоборот («Активный»), для Дуная слабыми (типа «Шилка»). Все это привело к тому, что в августе 1940 г. решили подготовить оперативно-тактическое задание (ОТЗ) на разработку проекта нового монитора для Дуная, а чуть позже — на монитор для среднего течения Амура, так как корабли пр. СБ-57 туда возвращать не планировали.

Основные параметры монитора для Дуная командованию ВМФ виделись следующими: предназначение — борьба с речными кораблями противника и содействие сухопутным войскам; главный калибр — две башни со спаренными 152-мм гаубицами-пушками образца 1937 г. (МЛ-20) с боекомплектом по 150 выстрелов на ствол; зенитное вооружение — две счетверенные 37-мм башенные установки (боекомплект по 8000 выстрелов), а также четыре 12,7-мм пулемета. Жизненно важные части корабля размещались в цитадели: борт и траверзы имели толщину брони 75 мм, палуба — 60 мм. Вертикальное бронирование боевой рубки и башен составляло 100 мм, а горизонтальное — 60 мм. Осадка ограничивалась 1,6 м, а ширина — 12 м. Дизельная энергетическая установка должна была обеспечить максимальную скорость 18 уз и дальность плавания экономическим ходом 1000 миль.

Проект ОТЗ на монитор для реки Дунай поручили разработать Военно-морской академии. В течение месяца работу завершили, подготовив сразу два альтернативных варианта: пушечный и гаубичный. Причем и в первом варианте речь шла об армейских пушках, а не морских. Последние с рассмотрения сняли сразу, так как они имели явное преимущество лишь при решении задачи уничтожения бронированных кораблей противника на ходу, но и это только в условиях длинных и широких плесов, а их на Дунае было мало. Пушечный вариант предусматривал вооружение монитора двумя башнями со спаренными 122-мм пушками образца 1931 г.

В результате рассмотрения обоих вариантов ОТЗ предпочтение отдали гаубичному, и в декабре 1940 г. его утвердили. Работа шла быстро, сказывались наработки по мониторам пр. 1190 и пр. СБ-57. Уже 26 апреля 1941 г. утверждается предэскизный проект, а через два дня выдается ТТЗ. Новые двухорудийные башни с 152-мм гаубицами-пушками образца 1938 г. (МЛ-20) получили обозначение АМ-2-152. Рассматривалось два варианта предэскизного проекта: с двух- и трехвальной главной энергетической установкой. В последнем случае скорость полного хода на глубокой воде возросла бы до 15 уз, а на мелкой — до 12 против 11 с двухвальной установкой. Однако от трехвального варианта отказались из-за технологической сложности размещения дизелей и формирования кормовой оконечности. Впервые для речных кораблей предусматривалось размагничивающее устройство. Мореходность монитора определялась в 5 баллов, что позволило бы ему совершать кратковременные морские переходы. Вообще корабль получался «рослый» — высота борта составляла 3,2 м, а визир КДП возвышался над водой на 12,5 м. По сравнению с кораблями пр. 1190 и СБ-57 появились новые элементы бронирования, например труба кабельных трасс от центрального артиллерийского поста до боевой рубки, защищенная 50-мм броней. Румпельное отделение имело 50-мм бронирование бортов и 40-мм палубы. Артиллерийская башня АМ-2-152 защищалась сверху 60-мм броней, а с боков — 100-мм. Такое же бронирование предусматривалось для барбетов.

Как уже отмечалось, в 1940 г. начались проработки ОТЗ на проектирование монитора для среднего течения реки Амур взамен оставшихся в европейской части кораблей пр. СБ-57. Основным предназначением монитора обозначили огневое содействие сухопутным войскам; борьба с речными кораблями противника также присутствовала, но как частная, второстепенная задача. По-видимому, учитывалось отсутствие у потенциального противника бронированных кораблей и то, что мониторы типа «Шквал» списывать пока не собирались. Разработчикам предлагалось рассмотреть два возможных вариан-

та артиллерии главного калибра: две башенные одноорудийные 152-мм гаубицы М-10, размещенные по типу «Ударного», т. е. в носу одна над другой, или одна двухорудийная башня АМ-2-152. В качестве зенитного калибра рекомендовались три 85-мм артиллерийские системы 90-К, а также две спаренные 12,7-мм установки ДШКМ-2Б. При этом требовалось, чтобы приборы управления стрельбой артсистемы 90-К обеспечивали стрельбу как по воздушным, так и по морским и береговым целям. Бронирование корабля должно было защищать жизненно важные части от 105-мм фугасных снарядов: пушечных на дистанциях 3 км (борт) и гаубичных — 12 км (палуба). Осадка предусматривалась не более 0,8 м, скорость полного хода 12 уз, дальность плавания 1500 миль.

В итоге, к дальнейшей разработке приняли гаубичный вариант, и к концу 1941 г. уже имелся предэскизный проект. В нем дополнительно появились два 120-мм башенных миномета с боекомплектом 800 мин. В погребах имелось 400 152-мм и 900 85-мм выстрелов. При стандартном водоизмещении 495 т, полное составило 514 т, длина — 70,1 м, ширина — 11,2 м, осадка наибольшая — 0,8 м. Главная энергетическая установка состояла из двух дизелей 38-КР-8 суммарной мощностью 1600 л. с. Они обеспечивали скорость полного хода 12 уз и дальность плавания экономическим ходом (8 уз) 1500 миль. Бронирование цитадели: борт — 75 мм, палуба — 30 мм, траверсы и выгородки 85-мм погребов — 40 мм. Корпус в оконечностях и транец прикрывала 20-мм броня. Боевая рубка имела вертикальное бронирование 75 мм, горизонтальное — 30 мм, минометные башни — 20 мм. Экипаж составлял 107 чел., из которых 10 офицеров и 35 старшин.

В связи с началом Великой Отечественной войны работы над проектами мониторов для Дуная и Амура временно приостановили, но это временное оказалось навсегда.

СПАСАТЕЛЬНЫЕ СУДА пр. 527 И ЕГО МОДИФИКАЦИИ

Г. А. Мангаев

УДК 629.566

Автор книги «Подъем затонувших кораблей» англичанин Джозеф Н. Горз справедливо заметил: «Спасательное дело — нелегкая игра. Ее арена — море, которое, как правило, ненасытно, штормливо. Под его поверхностью находится пучина, холодная, бездонная и враждебная. Объекты, возвращаемые морскими спасателями, не приспособлены для того, чтобы их спасали... Но во всех случаях враг у человека один — море. И во всех случаях успешный исход операции зависит от находчивости, изобретательности отдельных людей...»

Мы бы добавили, что не только от людей, но и от специальных судов и средств для проведения спасательных и судоподъемных работ в открытом море. Об их создании и работе рассказывает ветеран Западного проектного конструкторского бюро Г. А. Мангаев, долгое время занимавший должность заместителя главного конструктора спасательных судов отечественного ВМФ.

Создание спасательных и судоподъемных судов, технических средств для выполнения подводных работ неразрывно связано с созданием флота. Исследования академика Р. А. Орбели свидетельствуют, что еще в допетровской Руси были умельцы, которые с помощью примитивных средств спускались под воду для ремонта судов, поиска затонувших предметов, других целей. Когда же Россия начала создавать флот, водолазные работы стали обычным явлением в его повседневной жизни.

Основанная 5 мая 1882 г. в составе Балтийского флота Военно-морская водолазная школа в Кронштадте с 1882 по 1917 г. выпустила 2695 водолазов.

В 1897 г. в школе прошла обучение группа врачей, посвятившая себя изучению физиологии водолазов. Помимо учебных спусков матросами-водолазами и офицерами школы проводились подводные операции по снятию кораблей с мели и подрывные подводные работы.

В первые годы советской власти продолжали действовать лишь Кронштадтская школа и Мариинская спасательная партия, сформированная в 1917 г. для подъема линкора «Императрица Мария», погибшего в Северной бухте Севастополя от внутреннего взрыва в октябре 1916 г. Но уже 8 декабря 1920 г. Совет труда и обороны принял постановление о подъеме судов, затонувших в Черном и Азовском морях. На основе этого решения 5 января 1921 г. В. И. Ленин подписал декрет Совнаркома о сосредоточении всех работ по подъему кораблей в Народном комиссариате по морским делам.

Кроме Управления по судоподъему при Наркомвоенморе к марту 1921 г. в составе Народного комиссариата путей сообщения был создан Отдел судоподъемных, водолазных и водоспасательных работ.

В соответствии с постановлением Совнаркома от 29 октября 1921 г. Водолазная служба полностью переключилась на выполнение подводных работ в интересах Военно-Морских Сил республики. Эта служба располагала специальными судами («Коммуна», «Эльбрус»), различными техническими средствами и хорошо подготовленными водолазами. Приказом по ОГПУ № 528 от 17 декабря 1923 г. была сформирована Экспедиция подводных работ особого назначения (ЭПРОН). С началом войны ЭПРОН вошел в состав Военно-Морского Флота и стал основным ядром Аварийно-спасательной службы (АСС). За 1941—1955 г. из подводного плена было вызволено 3916 кораблей и судов общим водоизмещением 2720 тыс. т.

Имевшиеся после войны в составе АСС ВМФ спасательные суда были в основном переоборудованы из судов других назначений и обладали весьма ограниченными возможностями по ведению аварийно-спасательных работ. Между тем, послевоенное техническое перевооружение флота, оснащение его ракетно-ядерным оружием, значительное повышение глубины погружения подводных лодок (ПЛ) и переход их на атомную энергетику коренным образом изменили условия и харак-

Спасательное судно пр. 527

тер деятельности АСС. Возникла необходимость подготовки водолазов к работе на больших глубинах, создания новых технических средств для выполнения глубоководных работ и, как следствие, более совершенных спасательных и судоподъемных судов.

Разработку проектов этих судов поручили ЦКБ-50 (позднее Западное проектно-конструкторское бюро — ЗПКБ, в настоящее время ФГУП «ЦМКБ "Алмаз"»), а их строительство — заводу им. 61 коммунара в Николаеве.

Тактико-техническое задание на проектирование спасательного судна (пр. 527), отвечающего требованиям послевоенного времени, было утверждено заместителем Главкома ВМФ в июле 1953 г. Главным конструктором назначили Н. Г. Лощинского, его заместителем — М. К. Горшкова.

При разработке проекта исходили из условий оказания спасательным судном помощи надводным кораблям и ПЛ (в надводном положении и лежащим на грунте), имеющим аварийно-боевые повреждения, поддержания поврежденных кораблей на плаву, снятия их с мели, тушения пожаров и спасения личного состава. Кроме того, судно должно было участвовать в судоподъемных операциях, а прочность его корпуса обеспечивать плавание в крупнобитом льду за ледоколом.

АСС ВМФ за время войны и в послевоенный период приобрела огромный опыт проведения подобных работ, а вот опыта разработки спасательных судов у конструкторов тогда не было. Поэтому АСС выделила группу опытных и знающих специалистов для оказания консультативной помощи сотрудникам бюро при разработке проекта.

На начальной стадии проектирования разногласия возникли по двум важным вопросам. Во-первых, по размерениям и водоизмещению судна и, во-вторых, по расположению специального оборудования. Дело в том, что специалисты АСС Черноморского и других флотов привыкли работать на сравнительно малых судах, в основном переоборудованных из трофейных немецких тральщиков с расположением места спусков водолазов в корме судна, что затрудняло его использование даже при незначительном волнении. Перед конструкторами же была поставлена задача создания многоцелевого спасательного судна с установкой на нем специальных технических средств для оказания помощи надводным кораблям, судам и ПЛ при работе на волнении 3—4 балла в условиях открытого моря.

Выход нашли в размещении спуско-подъемных устройств (СПУ) спасательного и водолазного колоколов в миделевой части судна, там же сосредоточили посты, декомпрессионные установки, механизмы и системы управления средствами подводных работ.

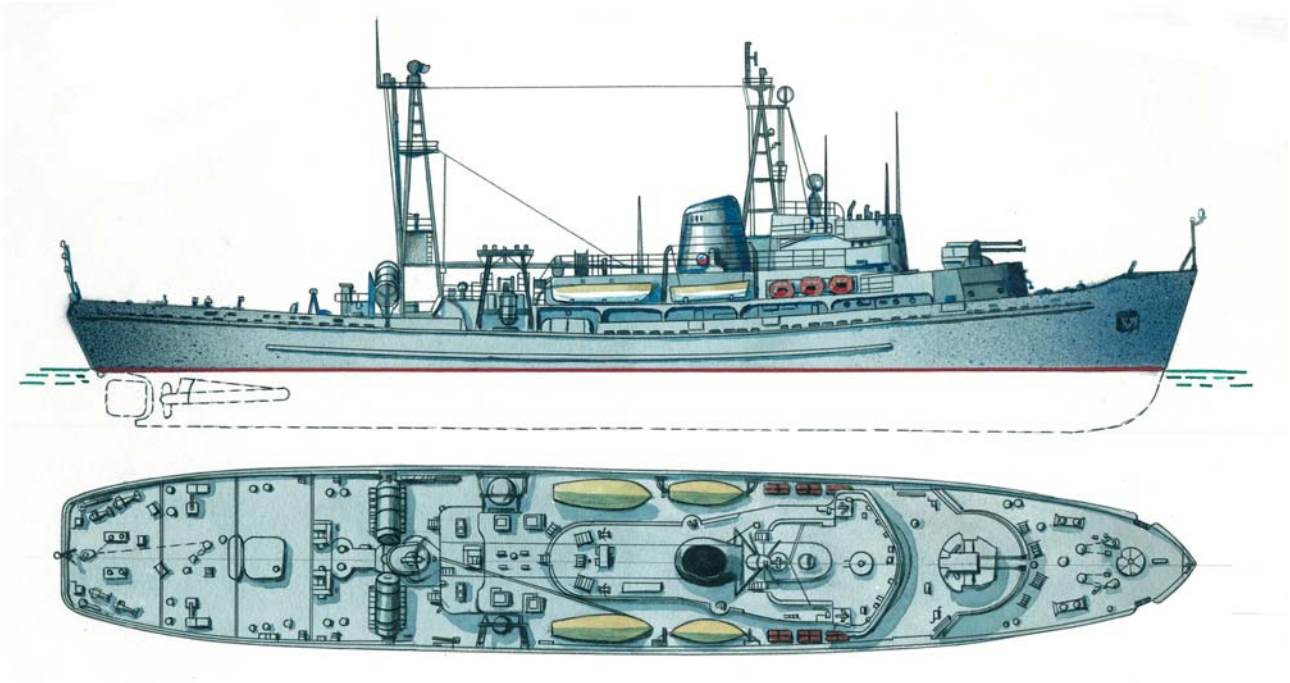
«При испытаниях головного судна в 1959 г., — вспоминал впоследствии главный конструктор проекта М. К. Горшков, — я пригласил главного наблюдающего Г. И. Ривкина на корму судна и попросил его обратить внимание на килевую качку, а потом провел его к миделю, где в этот момент проводился спуск и подъем спасательного колокола. Эффект был поразительный — качки в этом районе не наблюдалось!»

На судне были размещены и отработаны следующие основные опытные устройства и аппаратура: спасательный колокол СК-18 (разработчик ЦКБ-18 МСП); водолазный колокол с комплексом декомпрессионных камер (ЗПКБ); глубоководное СПУ в комплексе со всеми механизмами и оборудованием (ЗПКБ и ЦКБС-4 МСП); гребная электрическая установка (ХЭМЗ МЭП); рейдовое оборудование и устройства для стоянки судов над аварийным объектом на больших глубинах (ЗПКБ).

На судне также были установлены технические средства, традиционные для спасательных судов: спасательные катера, буксирная лебедка, битенг для снятия аварийных кораблей с мели, лафетные стволы для тушения корабельных пожаров, стационарные и переносные водоотливные средства для выполнения судоподъемных работ и поддержания аварийного корабля на плаву, средства сварки и резки металлов на воздухе и под водой, устройства для передачи электроэнергии, сжатого воздуха.

Создание насыщенного техническими средствами многоцелевого спасательного судна пр. 527 с учетом специфики водолазных работ в открытом море потребовало от коллектива ЦКБ (и его контрагентов) немалых усилий по разработке, внедрению и освоению указанных новых механизмов, систем и аппаратуры, в том числе СПУ спасательного и водолазного колоколов. Последнее состояло из грузовых лебедок, механизированных вьюшек шлангов и кабелей (синхронизированных в работе с лебедками), блоков амортизации и склоняющихся балок грузоподъемностью до 10 т.

Несмотря на шестикратный запас прочности в тросах СПУ (согласно правилам Котлонадзора ВМФ), в системе проводки предусматривалась двойная степень амортизации (примененили авиационные гидропневматические амортизаторы, используемые в стойках шасси самолетов Ил-12, и пружинные амортизаторы).



Основные тактико-технические элементы

СПАСАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- Спасательный колокол и его СПУ, компл. 1
- Декомпрессионные камеры, ед. 4
- Наблюдательная камера НК-300, ед. 1
- Буксирная полуавтоматическая лебедка, ед. 1
- Битенги, ед. 2
- Грузоподъемное устройство, компл. 1

ВООРУЖЕНИЕ[1]
- Артиллерийское:
  - 57-мм установка ЗИФ-31Б 2x2
- Радиотехническое:
  - РЛС «Дон» 2
  - ГАС «Пегас-2» 1

КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
- Водоизмещение полное, т 3030
- Главные размерения, м:
  - длина наибольшая 79,7
  - ширина наибольшая 14,0
  - осадка 4,5
- Главная энергетическая установка:
  - тип установки ..... дизель-электрическая
  - гребные двигатели, кВт 2x2500
  - дизель-генераторы типа 3Д 100 М, кВт 4x1375
- Скорость хода полная, уз 17,5
- Дальность плавания полным ходом, миль 3000
- Автономность, сут 35
- Глубина проведения водолазных и спасательных работ, м 200
- Экипаж, чел. 135

[1] Установлено только на СС-44.

В результате, при работе на волнении 3 балла подтвердились все конструкторские расчеты, а в инструкции по использованию СПУ допускалось (по усмотрению руководителя спусков и командира корабля) его использование на волнении до 4 баллов.

Впервые на судне применили и разработанный специалистами бюро водолазный колокол с комплектом декомпрессионных камер, обеспечивающий краткосрочные спуски водолазов на глубины 200 м. Он представлял собой герметично закрывающийся цилиндр, в верхней части которого предусматривались обухи для соединения с СПУ, а в нижней — переходной люк с крышкой и фланцем. С судна в колокол по шлангу подавался воздух, а по кабелю — электроэнергия; он обеспечивался также телефонной связью. Колокол рассчитан на размещение двух—трех водолазов, для чего к нему на стойках подвешивалась платформа с сиденьями для водолазов и к ней же крепился ходовой конец троса лебедки спасательного колокола, если предполагался вывод подводников из аварийной ПЛ.

После спуска на рабочую глубину один из водолазов переходил с платформы водолазного колокола на палубу ПЛ для обследования корпуса, выполнения подводных работ или присоединения троса лебедки спасательного колокола к комингс-площадке спасательного люка ПЛ. Второй водолаз оставался на платформе, обеспечивая страховку работающего водолаза.

По окончании работ оба водолаза поднимались в колокол, где сохранялась воздушная среда, открывали друг другу иллюминаторы шлемов, освобождались от шлангов и кабеля снаряжения и закрывали крышку колокола. Колокол безостановочно поднимали на поверхность и, после отсоединения платформы, герметично закрепляли на комингсе декомпрессионной камеры, куда после выравнивания давления переходили водолазы для декомпрессии.

Для удержания судна над аварийной ПЛ при выполнении спасательных работ в открытом море имелись четыре комплекта рейдового оборудования. Каждый состоял из бочки, якоря массой 2,5 т со связывающим их бриделем на вьюшке. Комплекты в сборе устанавливались попарно на стеллажах с обоих бортов судна.

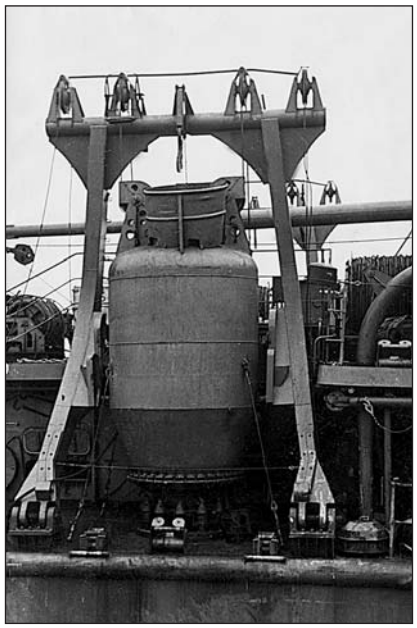
При постановке рейдового оборудования бочки сбрасывались поочередно в расчетные точки. При

этом бочка оставалась на поверхности, а якорь с вьюшкой погружался на грунт, стравливая бридель. После постановки бочек на них заводили швартовы с судна. Такая операция занимала 6—8 ч, зато судно надежно удерживалось в заданном месте при ветре и волнении, а при необходимости могло перемещаться, перетягивая швартовы, на полигоне диаметром до 300 м.

Исключительно удачным оказался и выбор электрогребной дизель-электрической установки судна. Впервые примененная на спасательных судах, она обеспечила необходимую маневренность, достаточно высокую скорость, плавание в высоких широтах (в битом льду) и надежность.

Весьма удачным следует признать теоретический чертеж судна. Наряду с достижением достаточно высокой скорости (около 18 уз), обводы его носовой оконечности обеспечивали великолепную всхожесть на волну и высокую степень незаливаемости. Даже в штормовых условиях (6—9 баллов) судно пр. 527 выходило в море для проведения спасательных работ и двигалось к месту назначения со скоростью не менее 12—14 уз.

Этому в немалой степени способствовали и высокие прочностые характеристиики корпуса судна. Выполнение его из стали марки 09Г2 (предел текучести σ_S = 3000 кгс/см^2) обеспечивало не только технологичность постройки, но и плавание в штормовых северных и других широтах. За все годы эксплуатации корпус ни разу не подвел моряков, подтвердив правильность заложенных конструктивных решений. Кроме того, судно обладало автономностью, достаточной для производства длительных работ. Подтверждением этого стало спасение личного состава, оказание помощи и буксировка подводной лодки К-19, потерпевшей аварию (пожар) в Северной Атлантике, причем все работы проводились в условиях шторма при волнении до 10 баллов.



Спасательный колокол СК-18 и балка СПУ

Судам пр. 527, которых построили 9 ед., была уготована долгая трудовая жизнь, а часть из них до сих пор находится в строю. За прошедшие годы ни одна аварийно-спасательная операция в наших водах не обходилась без их участия.

Спасательное судно пр. 527П «Алтай»

В 1964 г., уже в ходе серийного строительства судов пр. 527, было решено приспособить последнее строящееся судно «Алтай» для обеспечения глубоководных испытаний строящихся ПЛ. Переоборудование преследовало цель усовершенствования специальныхх средств судна (по сравнению с основным проектом) по оказанию помощи личному составу аварийных ПЛ на глубинах до 500 м. Например, на судне разместили четыре комплекта нового рейдового оборудования для обеспечения стоянки на глубинах до 500 м, а спасательный колокол СК-18 заменили на автономный СК-64 («Скафандр», разработанный ЦКБ-18), способный работать на таких глубинах. Для обследования аварийных ПЛ установили наблюдательную камеру «Галеация», для связи с ними разместили гидроакустические станции МГ-26 и «Оредеж-1». Что касается основных кораблестроительных элементов, то они практически не изменились, но проект получил новый шифр 527П.

Переоборудование спасательного судна велось в сжатые сроки, и (несмотря на задержки с изготовлением и поставками нового оборудования) завод сдал судно в установленный срок в 1965 г.

Развитие подводных сил требовало совершенствования спасательных судов, что вылилось в решение ВМФ и МСП от 2 августа 1965 г. о разработке технического проекта модернизации судов пр. 527, находящихся в строю ВМФ (заводские №№ 1601—1608). Главным конструктором проекта был назначен М. К. Горшков, заместителем главного конструктора — автор этих строк.

При разработке пр. 527М были пересмотрены технические возможности судна по поиску, обследованию затонувших ПЛ, спасению личного состава, обеспечению связи с ПЛ, заменен состав средств радиосвязи, радионавигации, изменен состав электростанции, судовых и спасательных катеров и др. Так, расширение возможностей судна пр. 527М по обеспечению поиска затонувшей ПЛ, обнаружению ее и установке надежной связи достигалось за счет новой гидролокационной станции МГА-6 («Кашалот») и гидроакустической станции подводной связи МГА-1. Обе станции раз-

мещались в специальном подъемно-опускном устройстве «Корвет-2», позволяющем вести поисковые работы в диапазоне скоростей 6—10 уз. Именно высокие разрешающие способности ГЛС МГА-6 (ее опытный образец был установлен на одном из судов Северного флота) позволили спустя шесть лет после аварии обнаружить место гибели ПЛ С-80 в Баренцевом море.

Предварительное обследование аварийной ПЛ, спасение личного состава на глубинах, недоступных водолазам, обеспечивалось комплексом СПУ (на левом борту) с автономным спасательным колоколом СК-64 и рабочей глубоководной камерой РК-680.

Эта камера (в виде шаровидного сосуда) в верхней части имела входной люк, а в нижней — манипуляторы и иллюминаторы для наблюдения. Экипаж состоял из 2 чел. Система регенерации обеспечивала их работу в течение 12 ч. Камера снабжалась двумя гребными винтами, позволяющими перемещаться от вертикали (поскольку она подвешивалась на тросах СПУ). Крепилась камера на объекте работ четырьмя электромагнитами и с помощью манипуляторов могла присоединить к люку комингс-площадки ПЛ ходовой трос спасательного колокола или шланга вентиляции отсеков ПЛ и подачи воздуха для продувки цистерн ее главного балласта либо остропить затонувший объект.

После закрепления троса к крышке люка ПЛ и возвращения камеры на судно, спасательный колокол СК-64 спускали на воду, и операторы начинали погружение, выбирая лебедкой ходовой трос. После посадки колокола на комингс-площадку ПЛ предкамера его осушалась и колокол «присасывался» к комингс-площадке. Выравнивалось давление с отсеком ПЛ, и подводники переводились в колокол (8—10 чел.). Для всплытия колокола вода из уравнительной цистерны удалялась, и он всплывал на поверхность, вытравливая ходовой трос. СПУ судна обеспечивало подъем его на борт и установку на комингс декомпрессионной камеры.

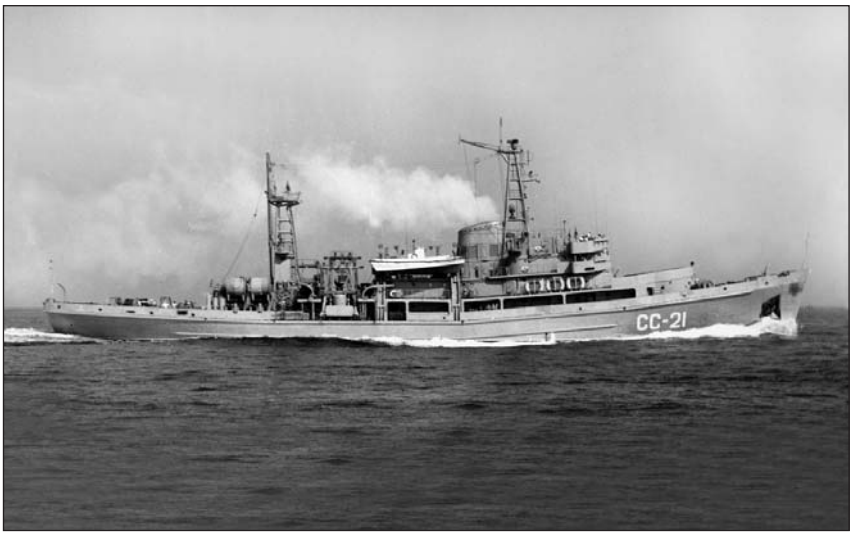
Стоянка судна пр. 527М в районе работ обеспечивалась четырьмя комплектами нового рейдового оборудования; на глубинах до 200 м судно стояло на трех якорях. Средства обследования подводных объектов на больших глубинах были расширены за счет использования наблюдательной камеры НК-300, водолазного и стопового варианта телевизионной станции МТ-60.

Наблюдательная камера НК-300

Основная часть устанавливаемого оборудования была опытной и подлежала отработке в морских условиях. К ней относились подъемно-опускное устройство «Корвет-2», СПУ для колокола СК-64 и рабочей камеры проекта 680, устройства спуска понтонов, устройства для работы с телевизионной станцией МТ-60.

В результате установки нового оборудования водоизмещение судна увеличилось почти на 270 т. Но в то же время оно могло осуществлять работы на глубинах до 500 м. При этом была обеспечена радиационная безопасность при спасении личного состава атомной ПЛ с поврежденной энергетической установкой. Увеличилась возможность поиска и обследования затонувших ПЛ, возросла вероятность активного оказания помощи личному составу аварийной ПЛ на глубинах до 450 м за счет установки рабочей камеры проекта 680 и спасательного колокола СК-64.

Модернизированные по пр. 527М суда (головное сдано флоту в 1969, а последнее — в 1976 г.) обеспечивали, вплоть до середины 90-х годов, эффективное решение задач АСС ВМФ и поисково-спасательные работы на всех морских театрах, в чем немалая заслуга опытных и высококвалифицированных конструкторов: Я. Д. Соболева, Д. А. Коваленко, С. В. Чежина, В. В. Черномордика, Н. А. Кузнецова, А. А. Келейникова, К. И. Келейникова, В. И. Мусаковой, Г. П. Курилко, В. З. Беззубова, В. Л. Бескина, В. А. Бескиной, Н. Н. Руднева, А. С. Ташлыковой, В. А. Яценко, А. И. Андреева и др.



Спасательное судно пр. 527М

Литература

Буров В. Н. Отечественное военное кораблестроение в третьем столетии своей истории. СПб.: Судостроение, 1995.

Козюков Л. В. Создание и развитие спасательных судов ВМФ//Судостроение. 1997. № 5.

Чикер Н. П. Служба особого назначения. М. : изд-во ДОСААФ. 1975.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ МОБПРОЕКТОВ ДЛЯ СУДОВ МОРСКОГО ФЛОТА

К. Д. Смирнов

УДК 623.829.(091)

Отечественный морской флот всегда был надежным резервом военно-морских сил в период практически всех войн. Так, в годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. помощь гражданских наркоматов ВМФ была весьма существенной. Только Краснознаменный Балтийский флот получил от Балтийского морского пароходства, Северо-Западного речного пароходства, рыболовных организаций Балтики 270 судов, которые были переоборудованы в специализированные военные корабли.

Неудивительно, что сразу после окончания войны Отделом вспомогательных судов Управления кораблестроением ВМФ были разработаны «Основные требования ко вновь строящимся гражданским судам», которые предусматривали установку подкреплений под артиллерийские системы, посты управления артогнем, радиолокационные станции в период постройки судов. Эти требования просуществовали до середины 50-х годов, пока на вооружение не поступили зенитно-ракетные комплексы.

На практическую реализацию «Основных требований...» были направлены решения Госплана СССР от 25 мая 1961 г. о пересмотре средств и систем вооружения судов, кораблей в целях обеспечения их самозащиты от нападения противника и решения Главного штаба ВМФ от 7 июля 1961 г. и Государственного комитета по судостроению от 27 января 1962 г. по разработке нового положения о скоростном методе перевооружения действующих кораблей и судов.

Смысл этих решений сводился к следующему:

✓ на базе выполняемых в стране научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) рассмотреть техническую возможность выполнения первоочередных работ по подготовке к установке вооружения на стадии постройки судна в целях ускорения работ по монтажу вооружения на гражданских судах в особый период;

✓ провести анализ существующих конструкций и подкреплений под установку артвооружения, приборов управления, систем и устройств, средств связи на атомном ледоколе «Ленин» и ледоколах типа «Сибирь» с расчетом использования разработанной типовой технологической документации уже на других гражданских судах. При этом совнархозам, пароходствам и предприятиям судостроительной промышленности предписывалось руководствоваться полученными материалами, «имея при этом в виду максимальное сокращение сроков переоборудования» судов в особый период и возможность выполнения этих работ на флотах во внезаводских условиях.

Атомный ледокол «Ленин»

В течение 1962 г. Центральным научно-исследовательским институтом технологии судостроения (ЦНИИТС) были разработаны «Основные положения скоростного монтажа вооружения, приборов управления, средств подачи боезапаса на ледоколах», а также типовые технологические решения по организации изготовления отдельных конструктивных узлов в процессе такого переоборудования. При этом обеспечивалась унификация типовых фундаментов и подкреплений с использованием агрегатного способа монтажа, сокращающего сроки проведения заводских работ. Кроме того, были разработаны типовые методики по приемке вооружения и приборов управления на гражданских судах, регламентирующие выполнение практически всех работ по их вооружению.

Итоговым документом стали «Основные положения по скоростному монтажу вооружения и систем управления на гражданских судах, подлежащих вооружению в целях самообороны», одобренные и утвержденные совместным решением Министерства морского флота (ММФ), Госкомитета по судостроению и ВМФ 28 декабря 1962 г. Эти «Основные положения...» позволили проектным организациям унифицировать комплекс типовых конструкций, подкреплений и фундаментов с передачей их «на склад до особого распоряжения», а также выработать стационарное грузоподъемное оборудование и транспортные средства с типовой технологической оснасткой для всех проектируемых и строящихся гражданских судов.

Дальнейшая разработка мобпроектов в проектных организациях судостроительной промышленности шла в полном соответствии с директивными письмами ЛЦПКБ ММФ и ЦНИИТС. Так, в марте 1963 г. Главное управление кораблестроения ВМФ письмом в Техническое управление Госкомитета по судостроению и ЦНИИТС высказалось за введение дополнительных разделов в «Основные положения...», связанных с сокращением сроков выполнения работ по установке новых видов вооружения.

Среди них были предложения по размещению мобоборудования и подкреплений корпуса с установкой на судно барабанов и фундамен-

По материалам ЦВМА, ф. 13.

тов, более подробные требования по агрегатному методу установки подъемников боезапаса ПС-65; требовались рабочие чертежи для схемы размещения вырезов для погрузки и выгрузки мобоборудования, необходимо было проверять качество монтажа вооружения на макетах.

Совместным решением от 20 апреля 1963 г., подписанным министром морского флота В. Г. Бакаевым, председателем Госкомитета по судостроению Б. Е. Бутомой и заместителем Главкома ВМФ по кораблестроению и вооружению Н. В. Исаченковым, регламентировалось выполнение работ по внедрению «Основных положений...». Так, ММФ предписывалось в годичный срок провести вооружение двух судов различных типов отечественной постройки в условиях необорудованного берега и по программе, согласованной с ВМФ, а также выдать ЦНИИТС заказ на разработку технологической рабочей документации по мобилизационному вооружению ледоколов типа «Капитан Белоусов», теплоходов типа «Волгалес», пароходов типов «Донбасс» и «ДнепроГЭС», а также атомного ледокола «Ленин» применительно к технологии и оборудованию тех заводов, к которым они предписаны для выполнения работ по переоборудованию и вооружению, с предоставлением технического отчета по мобоборудованию дизель-электроходов «Енисей» и «Доброполье».

Госкомитету по судостроению вменялось в обязанность контролировать выполнение ЦКБ—проектантом гражданских судов требований «Основных положений...» и совместно с Союзморниипроектом разработать новое тактико-техническое задание на мобпереоборудование ледоколов «Красин», «Капитан Белоусов» и ледокольно-транспортных судов типа «Амгуэма». ВМФ предписывалось обеспечить наблюдение за вооружением гражданских судов при их строительстве через группу военной приемки.

Из перечисленных кораблей наибольший интерес представляет мобпроект атомного ледокола «Ленин». Его первоначальный вариант предусматривал установку девяти счетверенных 57-мм автоматов, расположенных по длине ледокола в трех батареях. Каждая батарея обслуживалась системой ПУС МЗА «Фут-Б-92» с тремя комплектами РЛС «Фут-Б». В состав радиотехнического вооружения входили РЛС обнаружения и целеуказания МР-300, аппаратура опознания «Нихром-К», станция поиска работающих РЛС «Бизань-Б», станция совместного плавания «Огонь-50», система подавления взаимных помех «Звезда». В дальнейшем мобпроект совершенствовался в зависимости от новых видов вооружения, поступаемых на корабли ВМФ. Параллельно приказом командующего Краснознаменным Тихоокеанским флотом от 16 сентября 1966 г. была назначена авторитетная комиссия во главе с инженер-полковником Н. А. Вадильевым, которая в период с 18 по 23 мая 1967 г. провела на дизель-электроходе «Енисей» Дальневосточного морского пароходства испытания образцов артиллерийского вооружения, устанавливаемого на судне в условиях необорудованного берега в соответствии с «Основными положениями...».

Перед комиссией ставилась задача проверки на практике конструкций подкреплений и оборудования, связанных с установкой артиллерийского вооружения, с составлением соответствующего заключения о рациональном применении конструкций под артсистемы.

На «Енисее» были смонтированы три серийные 57-мм артустановки СМ-24-3ИФ и две 25-мм артустановки 2М-3М. Одна установка СМ-24-3ИФ размещалась на палубе бака в диаметральной плоскости, а две других — на верхней палубе в районе 60-го шп. (побортно). Две артустановки 2М-3М стояли на свесах палубы бака (на 264 шп).

Работы проводились в два этапа: первый — до 20 мая с установкой на судне необходимых корпусных конструкций, подкреплений и спецоборудования, а второй — с 20 мая (в момент работы комиссии в районе бухты Врангеля).

По основному проекту на дизель-электроход «Енисей» под 57-мм системы СМ-24-3ИФ устанавливались барабаны-фундаменты, на 60-м шпангоуте по левому борту — плоскостной барабан, по правому борту — барабан со сферическим переходником, на палубе бака монтировалась телескопический фундамент. Таким образом, на одном судне одновременно испытывались три различных по конструкции фундамента под 57-мм артустановки. Под 25-мм артсистемы устанавливались плоскостные барабаны-фундаменты.

Артсистемы снабжались крацами первых выстрелов и столами для обойм 57-мм боезапаса, а также оборудовались комплектами приспособлений для охлаждения стволов. На свесах палубы бака установили дополнительные леерные ограждения, укрепили все палубные трапы. Отдельно оборудовались погреба боезапаса и наносились соответствующие надписи на оборудовании, относящемся к установленным артсистемам, а также на пожарных рожках и т. п.

Работы на «Енисее» проводились в условиях «рассредоточения базирования» на рейде бухты Врангеля выездными бригадами Находкинского судоремонтного завода Дальневосточного морского пароходства и представителями завода № 50 ВМФ — специалистами по вооружению.

Судно прибыло в бухту Врангеля 18 мая в 18 ч и было поставлено на бочку к полудню 19 мая. К этому времени артвооружение со склада было получено и расконсервировано. К его установке приступили 18 мая в 14 ч и закончили 23 мая к 11 ч. В тот же день провели швартовные испытания и начали отстрел артустановок (согласно контрольным листам). Ходовые испытания провели 24 мая с 14 до 19 часов по графику двухсменной работы (с удлиненным рабочим днем) и хронометрировали. Таким образом, под установку телескопического барабана со сферическим переходником было затрачено 90 чел.-ч. На подпалубный барабан со сферическим переходником — 56 чел.-ч, а подпалубный барабан с постоянным уплотнительным кольцом был установлен за 40 чел.-ч. При этом для установки телескопического барабана потребовался дополнительный вырез в палубе с последующей заделкой выреза полукольцами, что увеличило трудоемкость, но барабан теперь находился на судне постоянно.

Из 57-мм автоматов было сделано 350 выстрелов, из 25-мм — 200. По отчету комиссии материальная часть работала безотказно. В ходе стрельб членам команды, как потенциальным комендорам, разрешили произвести по 14 выстрелов.

Это опытное вооружение дизель-электрохода «Енисей» и проверка его «скоростного монтажа» выполнялись с неукоснительным соблюдением всех надлежащих норм и правил. Оно наглядно показало, что принятые конструкции фундаментов обеспечивают ведение огня из смонтированных на них артустановок и, кроме того, монтаж подпалубного барабана при строительстве судна не только не будет нарушать прочность верхней палубы, но и обеспечит значительную экономию сил и средств при вооружении судна.

Еще одно опытное мобпереоборудование с последующим испытанием вооружения и средств управления стрельбой было выполнено на дизель-электроходе «Доброполье» Мурманского морского пароходства в апреле 1966 г. Работы проводились в условиях рассредоточения базирования при стоянке судна в 26 милях от Мурманска в бухте Большая Волоковка. Их обеспечивали две бригады рабочих (49 чел.) и шесть артиллеристов Северного флота. На судне были установлены дополнительные кольца под барабаны артсистем 2М-3М и сферический барабан под артиллерийскую установку ЗИФ-31Б, площадки под артсистемы на шлюпочной палубе, подъемник боезапаса ПС-65 и выполнен целый ряд других сопутствующих работ.

На этих подкреплениях смонтировали одну 57-мм спаренную артустановку ЗИФ-31Б (на шлюпочной палубе в районе 6—8 шп.) и четыре 25-мм спаренных автомата 2М-3М (в районе 176—188 шп. правого и левого борта и на верхнем мостике побортно). Стрельба обеспечивалась через командный коммутатор, связь с орудийными расчетами осуществлялась по телефонам.

Бригада рабочих для выполнения работ имела электросварочный аппарат, дизель-компрессор, электрокомпрессор и пневмоинструменты, для связи с заводом ей был выделен буксир «Капитан Афанасьев». В бригаде работало по восемь котельщиков, сборщиков и слесарей, два токаря, шесть маляров, а также плотники, гальванщики и такелажники.

Все работы на судне велись непрерывно по скользящему графику, в три смены. Несмотря на плохие погодные условия, был произведен отстрел артустановок: из 57-мм стволов сделали 122 выстрела, из 25-мм — 312. Результаты испытаний (с учетом установки фундаментов под артустановки всего за четверо суток) признали вполне удовлетворительными, а точность стрельбы — достаточно высокой.

В дальнейшем на атомных судах в качестве вооружения стали применяться корабельные ракетные комплексы, а для защиты от ударов с воздуха — зенитные ракетные комплексы различных типов и назначений.

100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЕВГЕНИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ТОВСТЫХ

Годы работы Евгения Васильевича Товстых в судостроительной промышленности и в кораблестроительном образовании совпали с годами расцвета отрасли, выполнения грандиозных кораблестроительных программ. Профессор Е. В. Товстых с 1945 по 1976 г. руководил Ленинградским кораблестроительным институтом, и от сотрудников, работавших с ним, в его адрес продолжают звучать слова уважения и признательности. «Евгений Васильевич не был крупным ученым в какой-либо узкой области, а был доктором наук, — говорил профессор В. В. Рождественский, — академиком человеческих душ, человеческих взаимоотношений, корифеем в решении поставленных жизнью задач». Профессор В. А. Постнов отмечал: «Евгений Васильевич ... прожил жизнь плодотворную и оставил добрую память у многих людей. Те, кто давно работает в институте, помнят ту ауру, которая была в стенах нашего вуза. Главным было огромное уважение ко всем членам нашего коллектива».

Е. В. Товстых родился 29 апреля 1905 г. в молдавском селе. Трудовую деятельность начал в 15 лет. В 1926 г. поступает в Николаеве на рабфак, в 1929 г. становится студентом Николаевского кораблестроительного института. После его успешного окончания в 1933 г. направляется на работу в Ленинград на Балтийский завод, где трудится помощником мастера корпусного цеха.

В 1936 г. Е. В. Товстых — старший строитель судов — командируется в Италию на судостроительные заводы фирмы «Ансальдо» для совершенствования знаний в области судостроительной техники. В 1939 г. назначен директором Балтийского завода. В 1940 г. завод награждается орденом Ленина, из рук М. И. Калинина награду принимает Е. В. Товстых.

В ноябре 1941 г. Е. В. Товстых получает назначение в Зеленодольск на должность директора судостроительного завода им. М. Горького, выполнявшего срочные военные заказы. Несмотря на многочисленные сложности, Евгений Васильевич умело организует работу, в результате чего удается увеличить выпуск бронекатеров, а также наладить производство аэросаней, боеприпасов и другой продукции для фронта. В 1942 г. за успешное выполнение заданий правительства Е. В. Товстых удостоен ордена Красной Звезды.

В июне 1945 г. Евгений Васильевич получает назначение на пост директора Ленинградского кораблестроительного института, с которым до конца жизни была связана его творческая и организаторская деятельность. В короткий срок институт прошел период послевоенного восстановления. Начался процесс его интенсивного развития в соответствии с требованиями отрасли. Со временем началось строительство новых учебных и жилых корпусов, оснащение новых лабораторий, формирование по-настоящему высококвалифицированного преподавательского состава. Возвращаются из эвакуации, приходят из промышленности такие специалисты, как Д. П. Скобов, В. П. Вологдин, В. К. Васильев, П. И. Титов, Б. М. Малинин, Л. М. Ногид, Г. А. Гасанов, С. М. Турунов, Л. А. Маслов, Л. Л. Мясников, В. Ф. Попов, И. Б. Иконников и др. Восстанавливается аспирантура и докторантура.

Е. В. Товстых (1905—1981)

В 1967 г. за успехи в подготовке инженерных и научных кадров институт был награжден орденом Ленина. Всего за годы руководства Е. В. Товстых институтом выпущено свыше 25 000 инженеров, более 1000 человек защитили кандидатские диссертации, около 100 — докторские.

Заслуги Е. В. Товстых отмечены орденами Красной Звезды (1942 г.), Ленина (1961 г.) и двумя орденами «Знак Почета» (1949 и 1967 гг.), орденами Октябрьской Революции (1971 г.), Трудового Красного Знамени (1969 г.), Дружбы Народов (1975 г.). Правительство Болгарии наградило его в 1969 г. орденом «Кирилл и Мефодий». Награжден был он также восьмью медалями, удостоен звания Почетного доктора Политехники Гданьской (Польша) в 1965 г. и Ростокского университета (Германия) в 1968 г. В 1972 г. имя Е. В. Товстых занесено в Книгу почета ЦК ВЛКСМ. В том же году он награжден Почетной грамотой Верховного Совета СССР.

Приказом министра морского флота СССР контейнеровозу типа «Меркур П», построенному в 1985 г., присвоено имя «Профессор Товстых».

Р. В. Борисов, В. Б. Образцов

СДЕЛАНО В РОССИИ: НОВЫЕ КАТЕРА И ЯХТЫ

В последние годы постройкой малых судов, катеров и яхт занимается все больше российских предприятий. Это относится как к малым специализированным фирмам, так и к крупным предприятиям. Так, ФГУП «Адмиралтейские верфи» успешно выпускает моторные лодки типа «Мастер» из алюминиевого сплава. Лодка «Мастер 540» стала лауреатом конкурса «Сделано в Санкт-Петербурге», поставляется для ФПС России, используется водной милицией и рыбоохраной. За последние три года объем производства катеров увеличился в два раза.

Осенью 2004 г. испытан головной вариант каютного катера «Казанка-5М4». Это продукт сотрудничества КАПО им. Горбунова и фирмы Tatscan. На катере появились стеклопластиковая палуба и рубка, транцевая секция-наделка на два мотора. Предусмотрены также два поста управления — открытый и закрытый. Серийный вариант с мотором мощностью до 44 кВт должен появиться весной 2005 г.

Санкт-Петербургская фирма Morozov Yachts построила из алюминиевого сплава 5083 океанскую круизную яхту «Meta» (пр. «Морозов 50») для голландского бизнесмена, который планирует совершить на ней кругосветное путешествие. Длина яхты 16,17/14,1 м — соответственно максимальная и по КВЛ, ширина 4,32/3,73 м, осадка 2 м, водоизмещение 21 т, высота мачты 21,7 м, мощность двигателя 67 кВт, масса балласта около 8 т.

Моторная лодка «Мастер 540»

Спуск яхты «Meta»

Катера и яхты часто покупают частные лица, поэтому наряду с серийной постройкой в данной области судостроения велика доля индивидуальных заказов.

Представленные ниже образцы малотоннажного судостроения наглядно демонстрируют насколько широк спектр уже выпускаемой продукции.

Новая «Казанка-5М4»

Катер «Silver Eagle DC»

Сибирский катер «Новолна-650»

Катер «Wave-500LS» с тримаранными обводами днища и характерным «утиным носом» (фото Дмитрия Капусткина из журнала «Катера и яхты»)

Яхта хорошо оборудована: есть дизель-генератор, опреснительная установка, авторулевой, навигационная система, радар, бортовой компьютер, ветрогенератор, солнечные батареи, СВ-радиостанция с радиомодемом для выхода в Интернет, музыкальный центр, плита с электронным управлением — все это будет нелишним в дальнем плавании.

Другая петербургская фирма Yachting Russia, созданная в 2000 г., выпускает по лицензии моторные лодки типа «Silver», ранее поступавшие на наш рынок из Финляндии. Так, мотолодка «Silver Eagle DC» с корпусом из алюминиевого сплава ориентирована в основном на рыболовов. Ее наибольшая длина 6,3 м, ширина 2,4 м, масса 640 кг, килеватость на транце 18,5°, пассажировместимость — до 7 чел. На лодке могут быть установлены два подвесных мотора общей мощностью 66—110 кВт. На испытаниях, проводившихся журналом «Катера и яхты», катер с двумя моторами Suzuki DFSO развивал скорость до 50—55 км/ч.

Новосибирское судостроительное предприятие «Катерус», основанное в 2001 г. как «Метацентр», запустило в серийное производство стеклопластиковый катер «Новолна-650» по финскому проекту. Катер имеет длину 7,1/6,5 м, ширину 2,5 м, массу 1,1 т, пассажировместимость 6 чел. (число спальных мест 3). Двигатель может быть подвесной или стационарный мощностью 110—147 кВт, скорость хода 50—60 км/ч. «Закрытая» скандинавская компоновка вполне отвечает сибирскому климату.

Быстроходный катер серии КС-700 (фото Алексея Даняева из журнала «Катера и яхты»)

Таганрогское ООО «Кентавр» успешно работает уже более 10 лет, серийно выпускает семь моделей стеклопластиковых мотолодок длиной от 2,4 до 6,6 м, причем все — по собственным проектам. Новые катера 5-метрового «трейлерного» класса с оригинальными обводами и дизайном имеют марки: однокорпусный — «Wave-500KR», с тримаранными обводами — «Wave-500LS». У них одинаковые размеры (5,5/5,2 x 2,05 x 1 м), малая осадка (0,2 м) и масса (650 и 550 кг). Рекомендуемая мощность подвесного мотора 66 кВт, максимальная — 110 кВт. Материалы, из которых изготавливаются пластиковые корпуса катеров, поставляет финская фирма Norpol.

ОАО «Костромской судомеханический завод» начал выпуск быстроходных катеров серии КС-700 с корпусами из алюминиево-магниевого сплава. Их наибольшая длина и ширина соответственно 7,3 и 2,4 м, водоизмещение порожнем 1,7 т, пассажировместимость 6—10 чел., мощность подвесного мотора до 185 кВт.

С мотором «Yamaha» мощностью 165 кВт скорость хода достигает 75 км/ч. Есть два основных варианта: базовый — с минимальным оборудованием, и комфортабельный — с туалетом, камбузной плитой, мойкой и др. В зависимости от комплектации катер может использоваться как прогулочный, разъездной, патрульный, спасательный и т. д.

В планах завода — прогулочные суда с корпусами из АМг длиной до 10 м.

(По материалам журнала «Катера и яхты», 2005 г., № 1 и Интернета: www.tatscan.ru, www.dankoboats.ru, www.katerus.ru, www.ken-tavr.by.ru, www.boat-ksmz.ru, www.morozov-yachts.com, www.masterboat.com, www.yachtingrussia.ru).

НОВЫЕ СХЕМЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ТРОНКОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Б. Н. Перминов, канд. техн. наук (Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского)

УДК 621.431.74-729.3

Для очистки моторного масла на судах обычно применяется фильтрование и центрифугирование. Эти методы реализованы почти во всех современных конструкциях маслоочистителей, используемых в двигателях внутреннего сгорания (ДВС).

Возможности рассматриваемых методов очистки проанализированы в работах [1, 2] (табл. 1).

Переход на топлива глубокой переработки нефти требует повышения эффективности тонкой очистки моторного масла в форсированных дизелях для обеспечения их ресурса и экономичности. При сжигании в тронковых дизелях низкосортных топлив интенсифицируется старение моторного масла, возрастает его загрязнение и абразивность нерастворимых примесей (НРП).

Увеличение скорости загрязнения масла НРП при форсировке дизеля и ухудшении качества топлива требует повышения надежности защиты трибосопряжений от изнашивания. Усиление каталитической активности НРП и ухудшение разделяемости дисперсных систем моторного масла двигателей с высоким наддувом сделали невозможным удовлетворение ужесточенным требованиям к очистке масла только за счет фильтрования или центрифугирования [2, 3]. Полностью разрешить характерные для эксплуатируемых маслоочистителей противоречия между тонкостью отсева и надежностью защиты пар трения, глубиной очистки и сроком службы фильтроэлементов предлагается за счет комбинированной очистки масла.

Новая комбинированная система тонкой очистки масла (КСТОМ) разрабатывалась на основе следующих принципов [2]:

разграничение функций агрегатов очистки таким образом, чтобы наиболее полно реализовать преимущества полнопоточного фильтрования для отделения от крупных абразивных частиц и центрифугирования для глубокой очистки масла от тонкодиспергированных НРП;

последовательное включение агрегатов КСТОМ в системе смазки дизелей и оптимизация их параметров для полного использования возможностей каждого из очистителей;

поддержание высокой интенсивности очистки масла центрифугированием на всех скоростных режимах работы дизеля.

Одна из схем включения агрегатов очистки в систему смазки ДВС с мокрым картером, в которой реализованы изложенные принципы очистки масла, показана на рис. 1. Главный и вспомогательный контуры очистки имеют гидравлическую связь через напорный золотник с обратным клапаном. В пары трения двигателя (маслораспределитель *13*) масло подается основным масляным насосом *4* через полнопоточный фильтр *6*, где оно очищается с тонкостью отсева 25—40 мкм. Дроссельный распределитель *3* за счет управляемого воздействия автоматически поддерживает постоянное давление масла перед потребителями при любой температуре масла в системе смазки без перепуска его мимо фильтроэлементов через предохранительный клапан *5* фильтра.

Вспомогательным насосом *10* масло через центрифугу *8* с напорным сливом и золотник *7* подается в главный контур циркуляции. Напорный золотник отрегулирован так, чтобы поддерживать давление перед центрифугой 0,7—0,8 МПа, при котором эффективность центробежного очистителя наибольшая. При таком давлении фактор разделения центрифуги превышает 2000. Для чистки ротора на работающем двигателе центробежный очиститель отключается от системы смазки трехходовым краном *9*.

Подача на фильтр предварительно центрифугируемого масла увеличивает продолжительность работы фильтроэлемента без закупорки пор. Перераспределение «грязевой» нагрузки между центрифугой и фильтром способствует росту срока службы фильтроэлемента.

Доля центрифугируемого масла зависит от массогабаритных размеров центробежного очистителя, прокачки масла через дизель и производительности вспомогательного насоса. Обычно в судовых ДВС отношение центрифугируемого масла к фильтруемому устанавливается в пределах 0,2—0,8. Чем интенсивнее поступление в масло НРП и больше в них крупных частиц, тем выше должна быть доля центрифугированного масла.

Таблица 1

Сравнение эффективности очистки моторного масла в судовых ДВС фильтрованием и центрифугированием

Показатель эффективности очистки, %	Фильтрование	Центрифугирование
Интенсивность очистки	6	100*
Загрязнения моторных масел НРП:		
общие	100	65
зольные	100	38
Тонкость отсева	84	100
Надежность защиты трибосопряжений ДВС от попадания абразивных частиц:		
на установившихся режимах работы	100	90
при пуске двигателя	78	5
Интенсивность старения моторных масел	100	72
Удаление присадок из масла очистителями	82	100
Трудоемкость обслуживания очистителя	27	100
Эксплуатационные расходы на очиститель	100	—

* За 100% принят показатель при том методе, при котором он имеет наибольшее значение.

Перепускной клапан *11* позволяет установить оптимальную подачу масла в центрифугу, при которой скорость удаления из масла НРП будет максимальна. При последовательной схеме подключения очистителя и фильтра достигается режим, создающий самые благоприятные условия для функционирования фильтра.

Испытания очистителя МЦН-5НС в системе смазки дизеля 524TS Vasa фирмы «Wärtsilä» O_y при использовании масла М-10$Г_2$ (цс) (ГОСТ 12337—84) и топлива Л-0,2-61 (ГОСТ 305—82) показали, что при подаче через центрифугу 45—50 дм^3/мин интенсивность очистки масла максимальна. Проверка эффективности центробежного очистителя осуществлялась при факторе разделения 1000 и заполнении грязевого пространства ротора на 50%. При этом было выявлено, что при средней осевой скорости потока масла в роторе v_z = 4,5...5 см интенсивность очистки достигает максимума $Q_ц\varphi_ц$ центрифугированием. В этом режиме очистки не только максимален срок службы фильтроэлемента, но и минимальна интенсивность старения масла a_c по срабатыванию присадок и его окислению, определяемая по скорости образования НРП.

По результатам эксперимента было установлено, что оптимальная осевая скорость υ_{zopt} потока масла в роторе центрифуги зависит главным образом от дисперсного состава загрязнителя масла и плотности частиц дисперсной фазы. В свою очередь, эти показатели определяются моюще-диспергирующими свойствами масла и составом продуктов его карбонизации. Для судовых дизелей состав НРП зависит от зольности $З_м$ унифицированных масел, обусловленной концентрацией многофункциональных металлосодержащих присадок, и показателя качества топлива $K_т$ [4].

Существенную роль в удалении из масла НРП играет фактор разделения Fr центрифуги. Линеаризация функции υ_{zopt} от перечисленных параметров позволила получить критерий $K_\upsilon = Fr K_т^{0,42}/З_м^{0,86}$, по которому можно определить обобщенное влияние качества топлива, масла и рабочих характеристик центрифуги на эффективность разделения сложных гетерогенных систем.

Зависимость $\upsilon_{zopt} = 0{,}0157\,K_\upsilon$ получена в результате обработки данных центрифугирования с Fr = 500...3500 унифицированных масел групп $Г_2$ и $Д_2$ ($З_м$ = 1,5...5%) при их использовании в форсированных среднеоборотных дизелях (p_{me} = 0,8...2,1 МПа), работающих на топливах с $K_Т$ = 0,2...1,8. Зная υ_{zopt}, можно регулировкой перепускного клапана задавать оптимальную подачу масла в центрифуги с напорным сливом типа МЦН-НС.

Химмотологию КСТОМ оценивали на моторных стендах и в процессе эксплуатации на судах Дальневосточного бассейна. Испытания проводили по ОСТ 24.060.09—89 на дизелях с высоким наддувом ДД112 (6ЧСПН 18/22) и 524TS (5ЧН 24/31). Исследовали влияние на старение масла и состояние дизеля КСТОМ, включающей полнопоточный фильтр тонкой очистки мас-

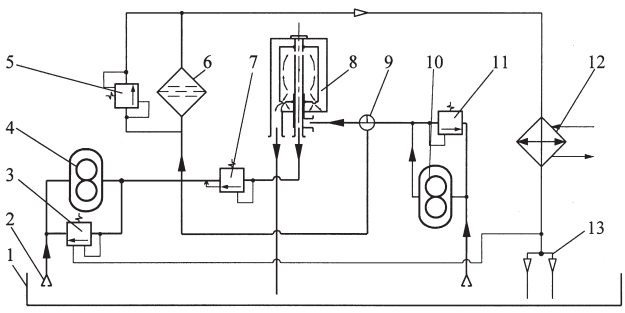


Рис. 1. **Перспективная комбинированная система тонкой очистки масла (КСТОМ) для судовых тронковых дизелей:**
1 — картер; *2* — заборник; *3* — редукционный управляемый клапан; *4* — насос; *5* — предохранительный клапан; *6* — фильтр; *7* — напорный золотник с обратным клапаном; *8* — центрифуга с напорным сливом; *9* — трехходовой кран; *10* — вспомогательный насос; *11* — перепускной клапан; *12* — холодильник; *13* — распределительная магистраль

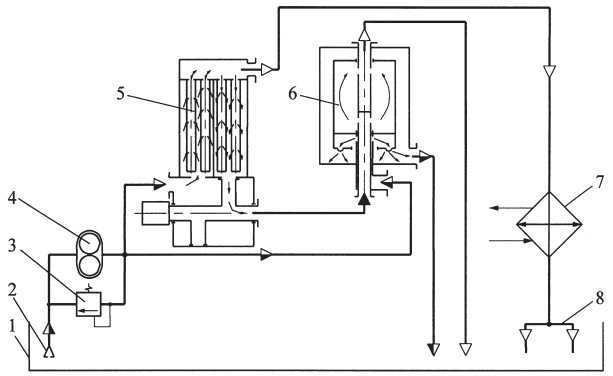


Рис. 2. **Комбинированная система очистки моторного масла в системе смазки среднеоборотного дизеля:**
1 — картер; *2* — заборник; *3* — перепускной клапан; *4* — насос; *5* — фильтр ФМС-60; *6* — центрифуга МЦН-7НС; *7* — холодильник; *8* — распределительная магистраль

ла (ФТОМП) и центробежный очиститель с напорным сливом МЦН-5НС. В качестве базы сравнения использовали результаты моторных испытаний при очистке масла только ФТОМП. Эксперимент вели на масле М-10Г$_2$ (цс) и дизельном топливе.

Преимущество комбинированной очистки масла над полнопоточным фильтрованием выразилось в более низкой концентрации НРП. Так, в дизеле 6ЧСПН 18/22 после 2 тыс. ч работы с КСТОМ в масле содержалось не более 0,82 общих c и 0,19% зольных $c_з$ нерастворимых примесей. При очистке масла ФТОМП за рассматриваемый период работы c и $c_з$ соответственно выше: 1,6 и 0,34%.

Более интенсивное удаление из масла НРП комбинированным маслоочистительным комплексом тормозит его окисление и срабатывание присадок. При работе систем смазки с ФТОМП массовая доля активных присадок в моторном масле в конце испытаний составляла 18% концентрации их в свежем масле, при комбинированной очистке — 34%.

Степень окисления масла М-10Г$_2$ (цс) на базовом этапе (ФТОМП) не стабилизировалась, и к 2 тыс. ч работы концентрация карбонилсодержащих соединений равнялась 7,6%. При использовании КСТОМ за этот же период степень окисления масла была в 1,2 раза ниже.

Смолообразование проходило более интенсивно при очистке масла ФТОМП. В промежутке 0,6—2 тыс. ч работы массовая доля $C_м$ смол составляла 10,5—12,8%. В этот же период при дополнительном центрифугировании масла $C_м$ находилось в пределах 7—9%. Хроматографический анализ масла подтвердил деструкцию даже таких стойких углеводородов, как ароматические соединения, что объясняется высокой форсировкой дизеля ДД112. Усиленная деструкция углеводородов на базовом этапе вызывается расщеплением ароматических соединений вследствие реакций замещения, которые интенсивнее протекают в присутствии окислов металлов.

Уменьшение концентрации НРП в масле, подвергнутом комбинированной очистке, способствует увеличению срока службы фильтроэлементов в 1,6—2,3 раза (табл. 2).

Таблица 2

Моторная эффективность комбинированной системы тонкой очистки масла (КСТОМ) и полнопоточного фильтра тонкой очистки масла (ФТОМП)

Показатель	Марка дизеля			
	ДД112 (6ЧСНП 18/22)		524NS)5ЧН24/31)	
	Тип системы очистки масла			
	ФТОМП	КСТОМ	ФТОМП	КСТОМ
Интенсивность очистки масла от НРП, г/ч:				
общие загрязнения	22±1	280±30	24±3	310±40
зольные	28±3	520±40	32±5	520±60
Интенсивность старения масла, %	100	61	100	58
Интенсивность срабатывания присадок, %	100	53	100	61
Срок службы фильтроэлемента, тыс. ч	0,8±0,2	1,8±0,3	0,7±0,2	1,5±0,2
Скорость изнашивания деталей ДВС:				
поршневые кольца, г/1000 ч	15±2	9±1	16±2	10±1
цилиндровые втулки, мкм/1000 ч	16±2	12±1	22±3	15±2
вкладыши мотылевых подшипников, мкм/1000 ч	14±2	10±1	24±3	18±2
мотылевые шейки коленчатого вала, мкм/1000 ч	7,2±0,7	5,1±0,3	10,6±1,5	8,1±1,2
Нагаро- и лакообразование на поршнях (общая оценка), баллов	12±2	7±1	18±3	13±2

Снижение расхода элементов связано с перераспределением «грязевой» нагрузки между маслоочистителем и увеличением доли центрифуги. При подключении системы смазки МЦН-5НС интенсивность очистки масла от НРП увеличилась в 11,5—18,6 раза. При использовании КСТОМ вероятность поступления на фильтроэлемент частиц загрязнений диаметром более 15 мкм составляет 50—70% их доли в случае очистки масла только фильтром.

Предлагаемая КСТОМ по сравнению с ФТОМП уменьшает изнашивание основных деталей ДВС в 1,3—2 раза (см. табл. 2). Наибольшее воздействие МЦН-5НС оказывает на маслосъемные поршневые кольца: скорость изнашивания их при использовании центробежного очистителя уменьшилась в 2,5 раза. Компрессионные кольца и цилиндровые втулки при дополнительной очистке масла центрифугированием изнашивались в 1,4—1,6 медленнее. Наименьшее влияние КСТОМ на снижение скорости изнашивания проявилось на деталях кривошипно-шатунного механизма. Шейки коленчатого вала и подшипники при включении в системы смазки центрифуги изнашиваются в 1,3—1,5 раза менее интенсивно, чем при использовании штатной системы очистки масла.

Увеличение полноты отсева масла от НРП и замедление его старения при работе с КСТОМ способствовало уменьшению нагаро- и лакообразования в дизелях в 1,4—1,7 раза.

При применении низкосортных топлив и масел более высоких моторных групп с высокозольными присадками эффективность КСТОМ, выше приведенной на 20—40%, при этом роль центробежного очистителя в комбинированной системе очистки возрастает.

В тронковых дизелях большой мощности ФТОМП целесообразно замещать на самоочищающийся фильтр (СОФ). При использовании масел с высокими моюще-диспергирующими свойствами для этой цели подходит СОФ типа ФМС [1], в котором промывка фильтроэлемента осуществляется в непрерывном режиме с использованием в качестве промывочной жидкости работающего масла. Такая система маркируется как КСТОМ-2. В рассматриваемом случае центробежный очиститель рациональнее использовать для очистки промывного масла. Эффективность центрифугирования при этом возрастает, так как в очиститель попадают укрупненные частицы отложений, смываемые при регенерации фильтроэлементов. Такие конгломераты легко отфуговываются.

Таблица 3

Результаты эксплуатационных испытаний КСТОМ-2 в дизеле Vasa-32

Показатель	Система очистки моторного масла	
	ФТОМП	ФМС-60+МЦН-7НС
Состояние масла после 2000 ч работы		
Концентрация НРП, %:		
общая	2,6±0,4	1,4±0,2
зольная	0,65±0,1	0,28±0,03
Щелочность, мг КОН/г	8,9±0,9	12,7±1,2
Степень окисления, %	12,6±1,6	8,5±0,8
Содержание смол, %	7,2±0,06	6,1±0,05
Работа маслоочистителей		
Интенсивность очистки масла от НРП, г/ч:		
общих	290±40	3270±250
зольных	170±20	1830±160
Состояние дизеля		
Скорость изнашивания деталей ДВС:		
комплект поршневых колец, г/1000 ч	9,2±1,2	5,6±0,6
цилиндровая втулка, мкм/1000 ч	37±6	23±4
вкладыши подшипников, г/1000 ч	9±1	7±0,8
Нагаро- и шлакообразование (общая оценка), баллов	26,8±3,5	15,4±2,1

Обратный поток масла, который смывает отложения с элементов, в фильтрах типа ФМС создается путем перекрытия входа в фильтровальную камеру и соединение ее с атмосферой. Установка центробежного очистителя с напорным сливом в магистраль сброса из СОФ промывного потока дает возможность не только очищать его, но и позволяет за счет подпора поддерживать требуемое давление масла в системе смазки. Низкое гидравлическое сопротивление МЦН-НС способствует качественной регенерации фильтроэлемента.

Комбинированная система очистки масла с ФМС и МЦН-НС (рис. 2) обеспечивает полнопоточное тонкое фильтрование масла и его эффективное центрифугирование за счет очистки промывного потока с концентрированной суспензией и укрупненной дисперсной фазой. Масло насосом *4* забирается из картера и подается в СОФ-*5*, в котором подвергается тонкой очистке. Часть масла из ФМС идет на работу гидропривода распределительного устройства (золотника) и на промывку фильтроэлемента. Промывное масло поступает в центрифугу *6*, очищается и через регулируемый напорный слив сбрасывается в картер. Основной поток отфильтрованного масла поступает в охладитель *7* и далее в распределительную магистраль *8*. Давление в системы смазки регулируется перепускным клапаном *3*.

Возможности КСТОМ-2 с СОФ и центробежным очистителем проверяли на дизеле Vasa-32 (6ЧН 32/35). В качестве базы сравнения использовали результаты, полученные при работе на масле М-14$Д_2$ (цл30) (ГОСТ 12337—84) и очистке его ФТОМП со сменными фильтроэлементами типа Н-20 зарубежного производства. Моторные испытания велись на этом же моторном масле и топочном мазуте М-40В (ГОСТ 10585—75) с содержанием серы 2%. Угар масла на обоих этапах составлял 1,6—1,74 г/(кВт·ч). Фильтр ФМС-60 устанавливался на место штатного маслоочистителя. Центрифуга МЦН-7НС с напорным сливом подключалась к СОФ и обеспечивала качественную очистку промывного масла без значительного снижения эффективности регенерации его фильтроэлементов.

Сравнение штатной и комбинированной систем по влиянию на состояние масла показало увеличение интенсивности его очистки от НРП в 9—12 раз. Это сказалось на снижении концентрации общих и зольных НРП на 40—60% почти во всех пробах отбора. На этапе с КСТОМ-2 стабилизация загрязнения масла НРП наблюдалась на уровне в 1,8—2,3 раза более низком, чем при очистке его только полнопоточным фильтром со сменными фильтроэлементами (табл. 3).

Эффективное удаление из масла катализаторов окисления тормозит его старение, что видно по меньшему падению щелочности. При очистке масла с помощью КСТОМ-2 щелочность за 2 тыс. ч работы масла М-14$Д_2$ (цл30) падала до 12,7 мг КОН/г, в то время как при работе со штатным маслоочистителем этот показатель соответствовал 8,6 мг КОН/г (см. табл. 3).

При наличии центробежного очистителя из-за эффективного удаления из масла зольных НРП глубина его окисления уменьшается, что видно по снижению карбонилсодержащих соединений — 8,5 против 12,6%. При этом основные направления старения масла не изменились.

Анализ изнашивания основных деталей двигателя 6ЧН 32/35 подтвердил, что его пары трения довольно чувствительны к состоянию моторного масла. Замедление его старения при использовании КСТОМ-2 благоприятно сказалось на снижении скорости изнашивания деталей ЦПГ, прежде всего поршневых колец.

Менее всего отреагировали на модернизацию системы очистки масла вкладыши подшипников и шейки коленчатого вала. Их износ за время испытаний уменьшился всего на 23—28% (см. табл. 3), что указывает на надежную защиту этих пар трения от опасных частиц загрязнения масла как ФТОМП, так ФМС.

На нагаро- и лакообразование дизеля влияние комбинированной очистки проявилось в меньшей степени. Этот показатель при модернизации системы смазки улучшился с 12,6 до 8,5 баллов, что указывает на высокий запас моюще-диспергирующих свойств у масла М-14$Д_2$ (цл30). За 2 тыс. ч испытаний обнаружить влияние эффективности очистки масла на состояние полостей охлаждения поршней, картера и масляного холодильника не удалось.

Предлагаемая система КСТОМ-2, как показали результаты моторных испытаний, имеет неоспоримые преимущества перед ФТОМП. При замене МЦН-7НС на центрифугу самоочищающегося типа трудоемкость обслуживания КСТОМ-2 может быть доведена до 0,5 чел.-ч/1000 ч работы.

Длительное использование систем очистки масла КСТОМ-1 и КСТОМ-2 на морских судах не только подтвердило высокую эффективность их в замедлении старения масла, но и показало возможность эко-

номичной ресурсосберегающей эксплуатации судовых тронковых форсированных дизелей на низкосортных топливах.

Выводы. 1. Для судовых тронковых форсированных дизелей разработаны комбинированные системы тонкой очистки моторных масел. Новизна их состоит в следующем:

последовательном соединении двух контуров очистки, использующих разные по принципу действия и избирательности отсева маслоочистители;

установке фильтра со сменными фильтроэлементами или регенерируемого типа для надежной защиты пар трения дизеля от опасных крупных частиц загрязнения на полном потоке поступающего в дизель масла;

подключении центрифуги с напорным сливом во вспомогательный контур очистки с возможностью поддержания за счет подпорного клапана высокого давления масла перед соплами гидропривода ротора и, следовательно, фактора разделения центробежного очистителя при работе дизеля по винтовой характеристике;

подаче на фильтр предварительно центрифугированного масла для снижения «грязевой» нагрузки на него и увеличения срока службы фильтроэлементов;

использовании на центрифуге переливного клапана, автоматически регулирующего поток через ее ротор для достижения минимальной интенсивности старения масла;

поддержании постоянного давления масла перед его потребителями за счет установки на основном насосе дроссельного распределителя с обратной связью;

установке в КСТОМ-2 вместо ФТОМП самоочищающего фильтра с подключением центробежного очистителя для очистки промывного масла, дисперсная фаза загрязнений которого укрупнена и легко отфуговывается;

повышении регенерирующей способности самоочищающихся фильтров за счет установки центробежного очистителя с регулируемым (свободным) сливом и автономным подводом масла на привод ротора от участка системы смазки, где его давление максимально.

2. Моторными испытаниями доказана высокая эффективность КСТОМ по сравнению с распространенными системами очистки. Она в 1,2—2,3 замедляет старение моторного масла в дизелях, способствует увеличению срока службы масла и фильтроэлементов и уменьшает изнашивание основных деталей двигателей в 1,3—2,4 раза и нагаро- и лакообразование в среднем на 45%.

Литература

1. *Микутенок Ю. А., Шкаренко В. А., Резников В. Д.* Смазочные системы дизелей. Л.: Машиностроение, 1986.
2. *Кича Г. П.* Комбинированная система тонкой очистки моторного масла высокой эффективности//Экспресс-инф. ЦНИИТЭИРХ. Сер. Эксплуатация флота рыбной промышленности. 1983. № 5.
3. *Григорьев М. А.* Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1983.
4. *Кича Г. П., Липин Г. М., Полоротов С. П.* Триботехнические характеристики нерастворимых продуктов загрязнения моторных масел и их влияние на износ двигателя//Трение и износ. 1986. Т. 7. № 6.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ ОАО «Судостроительно-судоремонтный завод им. III Интернационала» имеет заказ на постройку шести корпусов (+4 в опционе) танкеров-продуктовозов дедвейтом 3400 т проекта LMG34 от шведской компании Catfish Shipping AB. Размерения судов 79,9 x 16 x 7,8 м, осадка 5,5 м, скорость 11,5 уз. Достройку выполнит эстонская фирма SRC Laevaremondi OU.

✓ 31 марта на стапеле ОАО «Окская судоверфь» состоялась закладка кранового судна для ВМФ. Его размерения 61,5 x 15 x 5,6 м, осадка 3 м, класс КМ ✪ ЛУЗ 1 II СПА2. Проект разработан ОАО КБ «Вымпел».

✓ В феврале ОАО «Балтийский завод» вручен диплом «Лучшему налогоплательщику Санкт-Петербурга» (по итогам 2003 г.). Налоговые отчисления завода составили 633 млн руб., в том числе в бюджет Санкт-Петербурга — 295 млн руб.

✓ ОАО «Завод "Красное Сормово"» заключило контракт с немецкой фирмой IMG на поставку оборудования и монтаж автоматизированной линии сборки и сварки плоскостных секций проектной мощностью 10—12 тыс. т конструкций в год. Первоначально тендер был выигран итальянской фирмой FRO (см.: Судостроение. 2005. № 1. С. 7), однако стороны не смогли достичь соглашения по некоторым финансовым вопросам. Контракт с FRO не состоялся, а с IMG договоренность была достигнута.

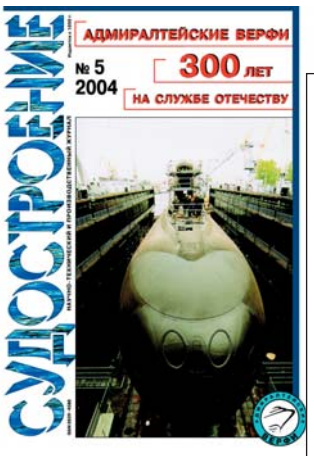
✓ В модернизацию ООО «Светловский судоремонт» (г. Светлый, Калининградская обл.) российские и польские инвесторы намерены вложить 15 млн дол. По заказу польских партнеров из Гданьска предприятие изготавливает корпусные секции для контейнеровозов и судов-снабженцев.

✓ Замену радиолокационной техники осуществляет на своих судах Волжское пароходство. В 2004 г. новая аппаратура была установлена на буксирах-толкачах, а в этом году — на остальных судах, в том числе сухогрузах типа «Волго-Дон».

Диплом журналу «Судостроение»

25 марта издаваемый ФГУП ЦНИИТС журнал «Судостроение», журналисты А. Н. Хаустов и Н. Н. Афонин получили Диплом профессионального конкурса журналистов «Золотое перо» за номер, посвященный 300-летию Адмиралтейских верфей (2004. № 5.). Журнал признан номинантом конкурса в номинации «Местное событие».

Учредителями ежегодного конкурса «Золотое перо» являются Санкт-Петербургский творческий Союз журналистов, Фонд развития и поддержки СМИ и другие журналистские организации. На нынешний десятый юбилейный конкурс по итогам 2004 г. было подано рекордное число заявок — 179, которые рассматривались в следующих номинациях: «Гран-при»; печатные СМИ — лучшие репортерская и публицистическая работы; «Местное событие» (для корпоративных и местных СМИ); телевидение — лучшие информационная и публицистическая программы; лучшая радиопередача; лучшая фоторабота. Церемония награждения лауреатов конкурса «Золотое перо — 2004» состоялась в Тронном зале Екатерининского дворца города Пушкина.



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРУГОГО КРЕПЛЕНИЯ СУДОВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

М. Ю. Либерман, канд. техн. наук (ОАО «Мовен»)

УДК 628.517:629.5.048.4

При проектировании крепления судовых вентиляторов (СВ) возникают специфические проблемы, обусловленные воздействием на СВ вибрации, передающейся от судовых механизмов, и ударных импульсов. Поскольку для защиты от удара обычно используются значительно более жесткие упругие элементы, чем для защиты от вибрации, то при комплексном динамическом воздействии на СВ жесткость упругого крепления следует выбирать исходя из анализа преимуществ и недостатков «жесткого» и «мягкого» (упругого) крепления при ударном воздействии на колебательную систему, состоящую из вентилятора, крепежного элемента и основания.

Упругое (мягкое) крепление СВ позволяет снизить уровень излучаемого корпусом судна структурного шума (благодаря снижению уровня вибрации, передающейся от СВ на корпус) и ослабить динамические воздействия (вибрации или ударов), передающиеся на СВ от корпусных конструкций. В то же время упругому креплению присущи следующие недостатки: потеря устойчивости СВ при ударных воздействиях, увеличение габаритных размеров СВ из-за введения дополнительных элементов (амортизаторов, ограничителей хода, переходной плиты, упругого крепления трубопроводов).

Обычно упругое крепление СВ используется проектировщиками для снижения уровня структурного шума, излучаемого корпусом судна, поскольку в соответствии с требованиями отраслевой нормативной документации [1] СВ проходят испытания на воздействие вибрации и удара и, следовательно, в дополнительной защите от вибрации и удара не нуждаются.

Таким образом, упругое крепление СВ должно обеспечить эффективную виброизоляцию корпуса судна в области средних и высоких частот, при этом эффективность ударной изоляции может быть незначительной. Следовательно, нужно проектировать виброизолирующее крепление с жесткостной характеристикой, обеспечивающей сохранение устойчивости СВ при ударных воздействиях.

При проектировании такого виброизолирующего крепления необходимо ограничить предельные смещения вентилятора от положения равновесия (чтобы исключить возможность отрыва вентилятора от фундамента при ударных воздействиях). С этой целью используются ограничители хода виброизоляторов либо дополнительные упорные виброизоляторы, которые ограничивают перемещение СВ в направлении горизонтальных осей.

В качестве исходных данных для проектирования упругого крепления СВ должны быть заданы:

масса и габариты СВ (а также расположение центра масс); частота вращения рабочего колеса и спектр собственных частот конструктивных элементов вентилятора (корпуса и рабочего колеса); допустимая амплитуда виброскорости, передающейся от СВ на корпусные конструкции судна;

амплитуда, форма и длительность ударных импульсов, действующих на СВ; допустимая амплитуда перемещения СВ при ударных воздействиях; параметры судовой вибрации (частотный спектр), передающейся с фундамента на вентилятор;

акустическое сопротивление (импеданс) конструктивного элемента судна (фундамента), на котором устанавливается СВ.

В процессе проектирования упругого крепления СВ (в частности, при выборе типа упругих элементов) необходимо учитывать их особенности.

1. По сравнению с судовыми механизмами СВ имеет небольшую массу (в частности, радиальные судовые СВ производства ОАО «Мовен» имеют массу от 8,5 до 250 кг, а осевые СВ — от 10 до 340 кг).

2. Для СВ характерна небольшая жесткость корпусных конструкций (этим обусловлено резонансное усиление судовой вибрации на собственных частотах конструктивных элементов вентилятора).

3. Основные источники вибрации вентилятора — дисбаланс рабочего колеса (на частоте вращения $f_{вр}$ и ее гармониках) и вибрация подшипниковых узлов двигателя (в диапазоне частот 250—1000 Гц).

Основные принципы и методика проектирования системы виброизоляции судовых машин и механизмов изложены в ряде работ [2—4]. Эта методика предусматривает проведение статического и динамического расчета с целью подбора параметров и расстановки амортизаторов. В результате расчета определяются: статическая нагрузка на амортизаторы и их расположение, частота собственных колебаний и амплитуда колебаний СВ на амортизаторах, эффективность виброизоляции. Требования к эффективности виброизоляции определяются

исходя из заданных нормативных значений спектральных уровней структурного шума [5]. При этом в качестве нормативного значения принимается уровень шума, корректированный по кривой «А», и, поскольку при такой корректировке низкочастотные компоненты в спектре шума существенно уменьшаются, можно использовать для крепления вентиляторов более жесткие амортизаторы, которые не обеспечивают значительной виброизоляции вентилятора на частоте вращения колеса. Так, при частоте вращения рабочего колеса СВ 45—50 Гц можно использовать для упругого крепления амортизаторы с собственной частотой колебаний f_c = 15...20 Гц.

Помимо расчета эффективности виброизоляции, выполняется расчет параметров колебаний СВ на амортизаторах при ударном воздействии (в частности, коэффициента передачи ускорения через упругие элементы и смещения СВ при колебаниях на собственной частоте). Чтобы выполнить такой расчет, необходимо задать форму, длительность и амплитуду ударного импульса. В частности, для импульса, имеющего форму полуволны синусоиды ($\ddot{w} = W_{sh}\sin(2\pi f_{sh}t)$ при $0 \le t \le \tau_{sh}$, где W_{sh}, f_{sh} — соответственно амплитуда и характерная частота ударного импульса; $f_{sh} = 1/2\tau_{sh}$, τ_{sh} — длительность импульса), коэффициент передачи ускорения β через амортизаторы вычисляется с помощью выражения [3]

$$\beta = [2/(\nu - \nu^{-1})]\cos(\pi/2\nu), \qquad (1)$$

где $\nu = f_{sh}/f_c$, f_c — частота собственных колебаний СВ на амортизаторах. Ослабление ударного импульса при прохождении через амортизаторы обеспечивается в случае, когда коэффициент передачи $\beta < 1$ (т. е. при $\nu \ge 1{,}8$). При этом необходимо, чтобы максимальное перемещение СВ δ_m не превышало величину свободного хода амортизатора (Δ): $\delta_m \le \Delta$. Максимальное перемещение δ_m вычисляется с помощью выражения

$$\delta_m = W_{sh}/(2\pi f_c)^2 . \qquad (2)$$

Если свободный ход амортизатора будет меньше величины δ_m, то, вследствие соударения СВ с фундаментом, ударный импульс будет усиливаться.

Для ограничения максимальной амплитуды колебаний СВ на амортизаторах (если она превышает допустимое значение $\delta_{доп}$, определяемое из конструктивных соображений) используются ограничители хода амортизаторов, для которых предусмотрены два конструктивных исполнения: с упругими либо жесткими элементами. При использовании упругого ограничителя хода удается уменьшить максимальное перемещение вентилятора до предельного значения $\delta_{доп}$, однако эффективность ударной изоляции снижается, поскольку в этом случае ударная нагрузка, передающаяся на СВ через амортизаторы, увеличивается (по сравнению с системой виброизоляции без ограничителей) [3, 6].

При использовании жестких ограничителей хода (с эластичной прокладкой либо без нее) зазор Δ_{lim} между упором ограничителя хода и рамой, на которой закреплены СВ, должен быть выбран таким, чтобы после соударения рамы с упором не возник режим непрерывных их соударений. Чтобы исключить возможность возникновения режима непрерывных соударений, необходимо следующее соотношение для величины зазора Δ_{lim} [6]:

$$\Delta_{lim} > W_{sh}\omega^2 |\omega^2 - \omega_c^2|^{-1} \times$$

$$\times\left\{\left(\frac{1+k}{1-k}\right)^2\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 \mathrm{tg}^2\left(\frac{\pi\omega_c}{2\omega}\right) + 1\right\}^{1/2}, \qquad (3)$$

где k — коэффициент восстановления удара (для абсолютно упругого удара $k = 1$, а для абсолютно неупругого удара $k = 0$); $\omega_c = 2\pi f_c$.

При проектировании упругого крепления следует учитывать, что изоляция вибрации и удара основана на несколько различных принципах [4]. Для ударной изоляции используются упругие элементы, способные при деформации накапливать энергию удара (путем преобразования ее в потенциальную энергию), а затем трансформировать ее в энергию колебаний СВ на собственной частоте $(f_o)_{sh}$: $(f_o)_{sh} = \sqrt{K_{sh}/m_F}$, где K_{sh} — ударная жесткость упругих элементов, m_F ` — масса вентилятора. Причем удар ослабляется, если выполняется соотношение $(f_o)_{sh} \le 0{,}5\, f_{sh}$.

Для ослабления структурного шума виброизолирующие элементы должны отражать (за счет рассогласования импедансов) и поглощать колебательную энергию. Поэтому для крепления СВ следует использовать виброизоляторы с относительно «мягкими» упругими элементами: резинометаллические (типа АКСС-И); спирально-тросовые (типа СТВР) либо обрезиненные пружины (типа ВИ). Эффективность этих виброизоляторов на средних и высоких частотах повышается за счет поглощения энергии в области волновых резонансов упругих элементов.

При ударных воздействиях как резиновые, так и спирально-тросовые упругие элементы имеют нелинейную динамическую нагрузочную характеристику (т. е. зависимость деформации элемента от динамической нагрузки). При подборе виброизоляторов необходимо учитывать, что эффективность виброизоляции повышается при использовании упругих элементов с «мягкой» нелинейной характеристикой [7] (при этом на начальном участке нагрузочной характеристики жесткость упругого элемента меньше жесткости, соответствующей линейной нагрузочной характеристике). Однако максимальное перемещение СВ может превысить величину свободного хода таких виброизоляторов и, вследствие этого, ударный импульс будет усиливаться при прохождении через виброизолятор.

При использовании упругих элементов с «жесткой» нагрузочной характеристикой (когда жесткость элемента растет быстрее, чем по линейному закону) увеличивается количество накапливаемой в упругом элементе потенциальной энергии и уменьшается деформация виброизолятора, поэтому целесообразнее использовать для крепления СВ виброизоляторы с такими элементами.

Следует отметить, что при ударных воздействиях и резинометаллические амортизаторы типа АКСС-И, и спирально-тросовые виброизоляторы типа СТВР имеют «мягкую» нагрузочную характеристику [7], а амортизаторы типа АКСС-М — «жесткую» характеристику.

Расчеты показывают, что резинометаллические амортизаторы типа АКСС-М не могут использоваться для крепления СВ из-за слишком большой жесткости, а амортизаторы типа АКСС-И [2, 7] лишь частично удовлетворяют этим требованиям и поэтому могут быть использованы для крепления примерно половины СВ, выпускаемых ОАО «Мовен» (в частности, типов: ВРС 35/20; ВРС 35/23; ВРС 35/36; ВРС 50/26;

ВРС 50/29; ВРС 74/33; ВРС 70/58; ВРС 82/36; ВРС 21/64; ВОС 100/10; ВОС 160/10; ВОС 250/10).

Для крепления остальных СВ может использоваться жесткое металлическое крепление (в особенности для небольших вентиляторов) либо спирально-тросовые виброизоляторы типа СТВР (при этом собственная частота f_c колебаний вдоль вертикальной оси не превысит 18 Гц). Однако эти виброизоляторы должны применяться с ограничителями хода, чтобы исключить возможность чрезмерного смещения СВ (превышающего величину свободного хода виброизоляторов типа СТВР).

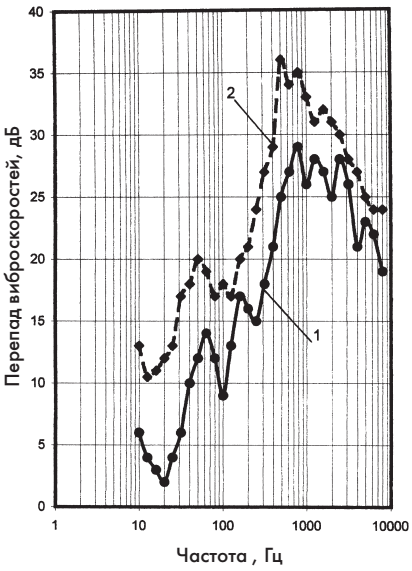
Кроме того, при проектировании упругого крепления СВ перспективным направлением, по-видимому, является использование комбинированных амортизаторов, в которых металлические пружины работают совместно с демпфирующими элементами. В частности, в работе [8] приведена конструкция комбинированного виброизолятора, состоящего из одновитковой пружины типа АКПО и демпфирующего элемента.

В качестве иллюстрации вышесказанного рассмотрим методику проектирования упругого крепления радиального судового вентилятора ВРС 50/29 со следующими характеристиками: масса 159 кг (с переходной плитой); частота вращения рабочего колеса 2900 об/мин. Амплитуда и длительность ударного импульса равны, соответственно, 5 g и 12 мс.

1. Исходя из результатов статического расчета, выбирается тип, количество и расположение виброизоляторов: четыре амортизатора типа АКСС-40И.

2. С помощью известных выражений (приведенных, в частности, в работах [2, 3]) вычисляются собственные частоты колебаний СВ на этих амортизаторах. При этом частота собственных колебаний СВ вдоль вертикальной оси составит 19,8 Гц (статический прогиб амортизаторов равен 0,6 мм), причем все шесть собственных частот (две независимые и четыре связанные) расположены в пределах диапазона частот [2, 3]: $\Delta f_c = (0,5...2)f_{oz} = 10...38$ Гц.

3. Таким образом, частота вращения рабочего колеса СВ ($f_{вр}$ = 50 Гц) расположена выше диапазона собственных частот Δf_c. Вычисляется эффективность виброизоляции



Частотная зависимость перепада виброскоростей (при действии колебательных сил вдоль вертикальной оси) на амортизаторах АКСС-40И (кривая *1*) и СТВР-15 (кривая *2*), используемых соответственно для упругого крепления судовых вентиляторов типа ВРС 50/29 и ВРС 18/23

$(\Delta l)_z$ вдоль вертикальной оси на частоте вращения колеса $f_{вр}$ [2]: $(\Delta l)_z = 20 \lg |1 - (\omega/\omega_c)^2| = 14,5$ дБ.

4. Вычисляются отношение ν ($\nu = 2,1$) и коэффициент передачи ускорения β через амортизаторы (с помощью формулы (1)): $\beta = 0,94$.

5. С помощью выражения (2) определяется максимальное смещение δ_m СВ при колебаниях на амортизаторах: δ_m составляет 3,2 мм. Величина δ_m меньше свободного хода амортизатора АКСС-40И (Δ = 10 мм), а следовательно, ударные импульсы не будут усиливаться при прохождении через амортизаторы.

6. Вычисляются значения виброскорости, передающейся от СВ на корпусные конструкции судна (при жестком и упругом креплениях) и уровни структурного шума, излучаемого корпусными конструкциями [5].

Выполненные расчеты показали, что при установке вентилятора ВРС 50/29 на четыре виброизолятора АКСС-40И в области средних и высоких частот обеспечивается снижение вибрации ($\Delta L_z \geq 14,5$ дБ), передающейся на корпус судна, а ударные импульсы передаются через амортизаторы практически без ослабления ($\beta = 0,94$).

Результаты экспериментальных исследований эффективности применения резинометаллических амортизаторов типа АКСС-40И и спирально-тросовых виброизоляторов типа СТВР-15 для упругого крепления СВ типа ВРС 50/29 и ВРС 18/23 (частота собственных колебаний вентилятора на виброизоляторах f_c равнялась соответственно 20 и 13,4 Гц) приведены на рисунке. Исследования проводились на экспериментальном стенде, амортизаторы крепились к вентиляторам (с помощью переходных плит) и к стендовому фундаменту, имитирующему судовой фундамент с дополнительными массами, размещенными под фундаментной плитой.

Согласно результатам экспериментальных исследований, использование амортизаторов типа АКСС-40И и СТВР-15 в области средних и высоких частот обеспечивает существенное снижение уровней вибрации, передающейся на фундаментную опору от СВ ВРС 50/29 и ВРС 18/23. Кроме того, согласно результатам измерений, величина ударных импульсов при прохождении через эти амортизаторы также несколько снижается, при этом коэффициент передачи ускорения β равен 0,89 и 0,76 соответственно для амортизаторов типа АКСС-40И и СТВР-15, а максимальное смещение δ_m вдоль вертикальной оси составляет соответственно 3,5 мм и 7,4 мм и, следовательно, не превышает величину свободного хода этих амортизаторов Δ = 10 мм.

Таким образом, упругое крепление СВ обеспечивает снижение уровней структурного шума, возбуждаемого вентилятором на судне, и ослабление ударных импульсов, передающихся на СВ. Данная методика может использоваться для выбора типа крепления, а также параметров упругого крепления СВ (в том числе типа упругих элементов амортизаторов).

Для упругого крепления небольших легких СВ помимо амортизаторов типа АКСС-И и СТВР, по-видимому, можно использовать (при условии их сертификации) обрезиненные пружины типа ВИ и цельнометаллические упругодемпфирующие элементы из прессованной проволоки типа металлической резины (МР) [7, 8]: в частности, амортизаторы с металловолоконными упругими элементами типа АСМ. Кроме того, для таких вентиляторов целесообразно использовать комбинированные амортизаторы [8], в которых небольшая жесткость пружины сочетается со значительными потерями колебательной энергии, которые обеспечиваются демпфирующим элементом. Однако для окончательного выбора типа крепления не-

обходимо сравнить уровни структурного шума, возбуждаемого СВ, с уровнями структурного шума от других судовых механизмов. По-видимому, в некоторых случаях, в частности для СВ, имеющих небольшую массу либо пониженную частоту вращения рабочего колеса (1500 об/мин), целесообразнее использовать жесткое крепление, если усилие, передающееся от таких вентиляторов на корпус, не приводит к повышению уровней излучаемого корпусом структурного шума (за счет повышения уровней вибрации судовых конструкций). В этом случае можно использовать вибродемпфирующие покрытия спирального корпуса СВ, чтобы ослабить возбуждение вибрации на резонансных частотах корпуса.

Литература

1. Руководство по техническому надзору за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий. Ч. 3. СПб.: Морской регистр судоходства, 1992.
2. Справочник по судовой акустике/*Под ред. И. И. Клюкина и И. И. Боголепова.* Л.: Судостроение, 1978.
3. *Беляковский Н. Г.* Конструктивная амортизация механизмов, приборов и аппаратов на судах. Л.: Судостроение, 1965.
4. *Найденко О. К., Петров П. П.* Амортизация судовых двигателей и механизмов. Л.: Судпромгиз, 1962.
5. *Никифоров А. С.* Акустическое проектирование судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1990.
6. *Левитский Н. И.* Колебания в механизмах. М.: Наука, 1988.
7. *Ионов А. В.* Средства снижения вибрации и шума на судах. СПб.: ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, 2000.
8. *Минасян М. А.* Амортизация судовых механизмов, приборов и аппаратуры тросовыми и комбинированными виброизоляторами//Судостроение. 2004. № 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

А. Н. Лесняк (ФГУП ПО «Севмашпредприятие»),
А. А. Пшеницын, канд. техн. наук (Севмашвтуз)

УДК 620.178.311

Основные факторы, определяющие надежность судовых энергетических установок, их элементов и систем, — вибрационная и ударная прочность, поэтому для обеспечения их работоспособности необходима разработка методов акустического проектирования и практических средств их реализации. С учетом роста энергонапряженности установок и увеличения их теплофизических параметров важной задачей становится разработка цельнометаллических конструкций и исследование их характеристик.

Исследование упругодемпфирующих элементов (УДЭ) из прессованной проволоки, входящих в состав подвесок для трубопроводов и амортизаторов для оборудования, требует комплексного подхода. Кроме решения вопросов технологических и конструкторских [1], необходимо иметь методики для определения параметров изделий [2, 3]. К основным параметрам УДЭ относятся статическая и динамическая жесткости, частоты собственных колебаний при номинальной нагрузке, коэффициенты демпфирования.

Характеристики металлических УДЭ являются суммарным проявлением характеристик составляющих его элементов (витков спиралей). Следовательно, распределение и ориентация витков спиралей в объеме материала определяют его макрохарактеристики. В заготовке с хаотической укладкой спиралей витки ориентированы произвольно и параметры УДЭ инвариантны относительно осей координат. В процессе прессования изделие подвергается воздействию нагрузок в определенном направлении, и в результате взаимодействия витков меняются его характеристики. Разработать математическую модель, учитывающую угловую ориентацию витков, число контактов проволочек и условия их взаимодействия, достаточно сложно. Поэтому актуальным является экспериментальное исследование характеристик УДЭ.

Графически представленные результаты измерений статической нагрузки УДЭ (рис. 1) наглядно показывают ярко выраженную нелинейность этой характеристики. С ростом деформации статическая жесткость УДЭ увеличивается. Упругофрикционные характеристики УДЭ при циклическом деформировании имеют вид петель гистерезиса, зависящих от амплитуды.

Нелинейность зависимости «сила—деформация», отличие графиков нагрузки и разгрузки, а также устойчивость состояний в зоне петли гистерезиса затрудняют однозначную оценку статической жесткости УДЭ. Ее значение в большой степени зависит от направления и величины изменения статического усилия, а также от предварительного натяга. Статическую жесткость в окрестности рабочей точки (при заданных значениях силы и деформации) определим как среднее значение. Например, на рис. 1, *б* представлен фрагмент зависимости «сила—деформация», причем при достижении усилия сжатия 8000 Н (точка *A* на графике) нагрузка была снижена до 4000 Н (точка *B*), а затем снова увеличена. Таким образом на восходящей ветви петли гистерезиса образовалась дополнительная петля с вершинами в точках *A* и *B*. Среднее значение статической жесткости в данном случае может быть определено как тангенс угла наклона прямой *AB*. Жесткость УДЭ в точке *C* принимает значение 4000 кН/м. Аналогично были получены значения жесткости УДЭ при различных амплитудах деформации. С увеличением размаха нагрузки—разгрузки относительно номинальных значений статическая жесткость значительно уменьшается. Так, при увеличении диапазона изменения силы от 600 до 2000 Н жесткость уменьшается в 5 раз.

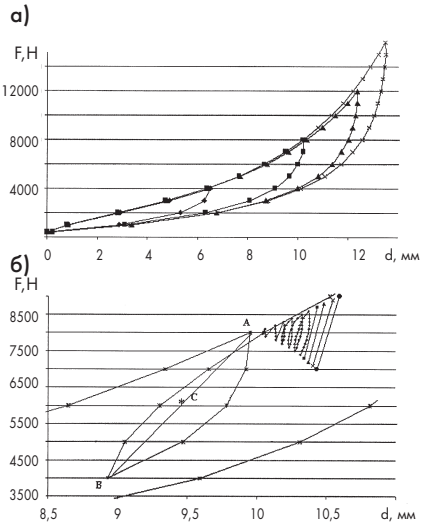
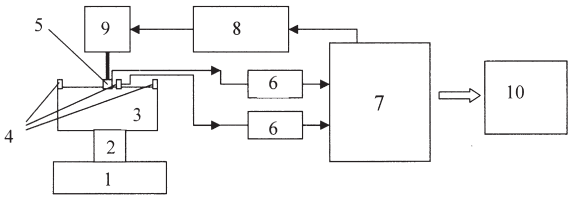


Рис. 1. **Зависимость «сила *F* — деформация *d*» при различных значениях статической нагрузки:**
а — петля гистерезиса; *б* — фрагменты петель при различном интервале деформаций

а)



б)

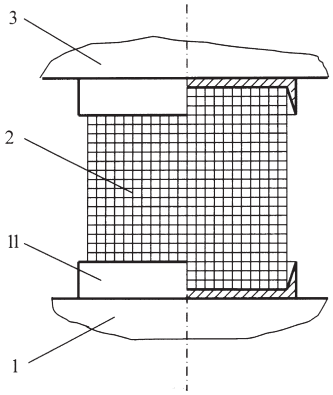


Рис. 2. **Схемы проведения измерений на экспериментальном стенде (*а*) и крепления узла (*б*):**
1 — фундамент; *2* — УДЭ; *3* — масса; *4* — вибродатчик т. 4343; *5* — датчик силы т. 8201; *6* — предварительный усилитель т. 2635; *7* — двухканальный анализатор т. 2034; *8* — усилитель мощности, т. 2712; *9* — вибратор т. 4808; *10* — ПЭВМ; *11* — стакан

Для эффективного проектирования средств защиты от вибрации и шума на базе УДЭ из прессованной проволоки необходимо оценить степень нелинейности их характеристик и влияние нелинейности на поведение системы. В ряде случаев ее влияние мало и задачу можно решить, пользуясь линейными моделями.

Колебательная система с выраженной нелинейностью имеет свои особенности: неизохронность свободных колебаний, неоднозначность зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты гармонической вынуждающей силы, возможность существования автоколебательных режимов. Свойство неизохронности означает, что частота свободных колебаний связана с амплитудой. Для системы с симметричной силовой характеристикой без трения точную зависимость частоты свободных колебаний от полуразмаха можно получить из дифференциального уравнения [4]

$$m\ddot{q} + F(q) = 0 ,$$

где q — обобщенная координата; m — масса; $F(q)$ — восстанавливающая сила; решение уравнения может быть найдено в виде

$$f_0 = \frac{1}{2\sqrt{2}\int_0^A \frac{dx}{\sqrt{\int_x^A \frac{F(x)}{m}\,dx}}} ,$$

где A — полуразмах колебаний.

Практически рассчитать частоту свободных колебаний возможно, если экспериментально определена функция $F(x)$. Сравнительно несложно аппроксимировать выражение функции степенными полиномами.

Для реальной нелинейной системы с внешним возбуждением движение описывается дифференциальным уравнением

$$\ddot{q} + h(q, \dot{q}) + f(q) = Q(t) ,$$

в котором $h(q, \dot{q})$, $f(q)$ $Q(t)$ — соответственно диссипативная, консервативная и вынуждающая силы, отнесенные к инерционному коэффициенту системы. Для решения уравнения необходимо знать вид этих функций.

Авторами данной статьи динамические характеристики УДЭ и влияние на эти характеристики амплитуды колебаний определялись на основании результатов экспериментальных исследований, которые проводились на модели колебательной системы, состоящей из цилиндрического УДЭ диаметром 60 мм и высотой 60 мм, установленного на фундаменте с высоким механическим импедансом, и массы, соответствующей номинальной статической нагрузке 1280 Н (рис. 2). Силовое возбуждение колебаний проводилось с помощью электродинамического вибратора, вывешенного над массой, с измерением вынуждающей силы и отклика в виде виброускорения. Условие высокого механического импеданса фундамента обеспечивает равенство величин виброперемещения массы и колебательной деформации УДЭ. Установка была укомплектована аппаратурой фирмы «Брюль и Кьер» (Дания), которая включала в себя: систему возбуждения — генератор сигнала, усилитель мощности, вибратор, датчик силы, усилитель; систему приема сигнала — датчик, усилитель, анализатор. Симметричность возбуждения и колебаний массы в вертикальном направлении контролировалась путем измерения амплитуд вибрации и сдвига фаз в четырех точках, симметричных относительно оси возбуждения. Разность амплитуд в этих точках не превышала 2 дБ, а максимальный сдвиг фазы между ними не превышал 8° в исследуемом диапазоне частот.

Для качественной оценки динамических параметров системы возбуждение проводилось «белым шумом» в диапазоне до 100 Гц. На рис. 3 представлены амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики ускорения колебательной системы, отнесенного к значению вынуждающей силы в частотной области, т. е. ускорение массы при единичной вынуждающей силе во всем частотном диапазоне. Из графиков видно, что характеристики, полученные при различных интегральных значениях вынуждающей силы, во всем диапазоне частот практически одинаковы, за исключением области частот в окрестности резонанса. Здесь с уменьшением вынуждающей силы наблюдаются следующие закономерности: увеличиваются нормированное виброускорение, острота резонансного максимума и собственная частота колебательной системы, определяемая по переходу фазовой характеристики через значение 90°. Первые два результата указывают на уменьшение потерь в рассматриваемой колебательной системе при уменьшении интегрального значения вынуждающей силы, а третий результат — на некоторое увеличение динамической жесткости УДЭ. При номинальной нагрузке частота собственных колебаний системы при различных уровнях возбуждения лежит в интервале 24,25—27,875 Гц (см. рис. 3).

Для количественной оценки зависимостей динамических харак-

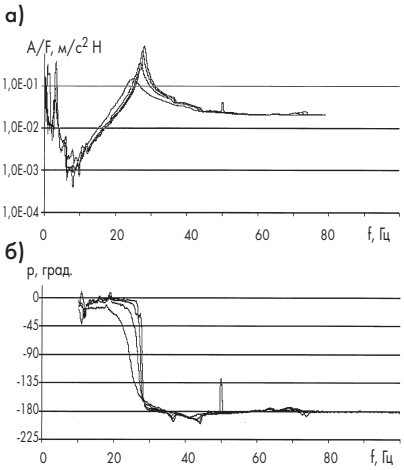


Рис. 3. **Динамические характеристики колебательной системы: *а* — амплитудно-частотная; *б* — фазово-частотная**

теристик УДЭ от статической нагрузки и амплитуды деформации были проведены вибрационные испытания с синусоидальной формой вынуждающей силы. Учитывая структуру материала УДЭ, его жесткость можно представить в комплексной форме:

$$C_k = C(1 + jh) , \qquad (1)$$

где h — коэффициент потерь упругого элемента, определенный как отношение мнимой части комплексной жесткости к действительной (тангенс фазового угла) и равный обратной величине добротности; C — модуль динамической жесткости элемента.

Исследуемая колебательная система в частотной области описывается уравнением

$$MA(\omega) + C_k S(\omega) = F(\omega) , \qquad (2)$$

где $A(\omega)$, $S(\omega)$, $F(\omega)$ — соответственно виброускорение, виброперемещение и вынуждающая сила; ω — угловая частота гармонических колебаний.

Выразив перемещение через ускорение и подставив (1) в (2), получим

$$M(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}) - j\frac{hC}{\omega^2} = \frac{F(\omega)}{A(\omega)} , \qquad (3)$$

где $\omega_0 = \sqrt{C/M}$ — собственная угловая частота системы.

Таким образом, измеряя собственную частоту колебательной системы, можно определить динамическую жесткость УДЭ:

$$C = \omega_0^2 M = (2\pi f_0)^2 M . \qquad (4)$$

В выражении (3) при частоте возбуждения, равной собственной частоте колебательной системы, первое слагаемое обращается в ноль, и коэффициент потерь можно определить из уравнения

$$h = j\frac{\omega_0^2 F(\omega)}{CA(\omega)} = \frac{jF(\omega)}{MA(\omega)} . \qquad (5)$$

Исследуемые величины для оценки зависимостей динамической жесткости и коэффициента потерь от амплитуды вибрационной деформации экспериментально определялись по следующему алгоритму. При заданном значении вынуждающей силы синусоидальной формы колебательная система настраивалась на собственную частоту незатухающих колебаний. Путем подбора частоты находилось такое ее значение, при котором сдвиг фаз между вынуждающей силой и виброускорением был равен 90°. При этом фиксировались следующие параметры: сила F, частота собственных колебаний f_0, приведенное ускорение $A(\omega)/F(\omega)$. Далее увеличивалась вынуждающая сила с шагом 10 дБ до максимально возможного значения, и процесс повторялся. Измерения выполнялись при различных статических нагрузках на УДЭ: номинальной, 50 и 200% от номинальной.

По результатам измерений в соответствии с выражениями (4) и (5) были вычислены динамическая жесткость и коэффициент потерь, а также амплитуда деформации s УДЭ пересчитана от уровня измеренного виброускорения. Графические зависимости $C(s)$ и $h(s)$ при различных значениях статической нагрузки (рис. 4) показывают, что динамические жесткости пропорциональны статической нагрузке при одинаковой вибрационной деформации. Например, для статических нагрузок 50, 100, 200% от номинальной при вибрационной деформации 0,01 мм динамические жесткости принимают значения 1700, 3600, 6200 кН/м. Таким образом, при увеличении нагрузки происходит пропорциональное увеличение жесткости, следовательно, частота собственных колебаний меняется мало. Виброизоляторы на основе УДЭ из прессованной проволоки в этом смысле можно отнести к категории равночастотных виброизоляторов по исследуемой оси.

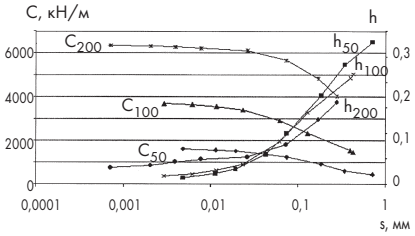


Рис. 4. **Зависимости динамической жесткости *C* и коэффициента потерь *h* от амплитуды вибрационной деформации при нагрузке в 50, 100, 200% от номинальной**

С другой стороны, при каждом значении статической нагрузки наблюдаются значительные изменения динамических жесткостей с увеличением вибрационной деформации. В этом аспекте для проектанта виброизолирующих конструкций важной будет информация о значениях вибрационной деформации, при которых получены динамические характеристики изделий. Если они определены при вибрационной деформации порядка 0,5—1 мм, то на это надо обращать внимание, так как реальные уровни виброускорения (30—50 дБ) в диапазоне частот 10—30 Гц создаются при вибрационных перемещениях примерно от 10^{-4} до 10^{-2} мм.

Результаты проведенных исследований справедливы для ряда конструкций на базе элементов из прессованной проволоки: опорной перегородки с УДЭ для теплообменников, опоры с регулируемой жесткостью для трубопроводов, сильфонных компенсаторов с УДЭ, амортизаторов и т. п. Применение полученных зависимостей позволяет повысить эффективность проектирования средств защиты от вибрации и шума на базе цельнометаллических УДЭ.

Литература

1. *Горин С. В., Лычаков А. И., Пшеницын А. А.* Упругодемпфирующие элементы из прессованной проволоки для судового оборудования//Судостроение. 1997. № 4.
2. *Горин С. В., Пшеницын А. А.* Об одном способе снижения вибрации пространственных трубопроводов//Судостроение. 1994. № 10.
3. *Горин С. В., Пшеницын А. А.* Исследование динамических ударных характеристик цельнометаллических эластичных креплений//Проблемы машиностроения и надежности машин. 1993. № 5.
4. Вибрации в технике: Справочник. Т. 2. Колебания нелинейных механических систем. М.: Машиностроение, 1979.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

В. Н. Круглеевский, докт. техн. наук
(ФГУП 1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 614.842/847:629.5

Основная причина пожаров на судах — несоблюдение правил эксплуатации технических средств и мер пожарной безопасности. Чаще всего пожары возникают в помещениях с энергетическими установками, самыми возгорающимися материалами являются легковоспламеняющиеся жидкости, а наиболее опасным источником зажигания — нагретые поверхности [1, 2].

При нормальном функционировании технических средств газообразные и жидкие горючие вещества находятся в пределах своих технологических систем, а твердые горючие материалы имеют температуру, при которой исключается выделение каких-либо летучих веществ, способных воспламеняться. Источники зажигания, хотя потенциально и присутствуют в помещении, но бездействуют. В пожароопасной ситуации картина принципиально отличается. Процесс возникновения и развития пожароопасной ситуации, воспламенение материалов и развитие пожара условно можно разделить на отдельные этапы (табл. 1).

В настоящее время контроль за пожароопасной и предпожарной ситуаций обеспечивается своевременным проведением осмотров и технического обслуживания оборудования (проверка сопротивления изоляции электрооборудования, давления в трубопроводах с горючими средами, наличия азотной подушки в топливных цистернах и т. п.); организацией дежурно-вахтенной службы.

Наибольший интерес представляют первые этапы возникновения пожара, хотя не всегда можно провести четкую грань между ними. В некоторых случаях интервал времени между первым и последним этапами может быть чрезвычайно малым (несколько секунд), в других же условиях пожар может развиваться медленно и долго оставаться в состоянии 1—3-го этапа.

Анализ отечественных и зарубежных систем пожарной сигнализации показывает, что они контролируют такие признаки пожара, как тепловыделение, дымообразование, появление пламени и рост давления воздушной среды в помещении. Поэтому процесс возникновения и развития пожара может быть обнаружен ими только на 3-м этапе, а это означает, что судно или перевозимый груз обязательно получат тот или иной ущерб.

До последнего времени считалось, что проблему контроля пожарной опасности в судовых помещениях можно решать только организационными методами, поэтому работы по формализованному представлению процессов возникновения пожароопасных ситуаций практически отсутствуют.

При контроле пожарной опасности объектом контроля является пожароопасная обстановка в помещении, которую можно описать, используя координаты местоположения и некоторые характеристики горючих веществ (ГВ) и источников зажигания (ИЗ). Критерием появления пожарной опасности можно считать возникновение пожароопасной ситуации (ПОС), для этого необходимы два условия: во-первых, ГВ и ИЗ должны быть расположены в помещении в непосредственной близости или находиться в контакте; во-вторых, температура ИЗ должна быть равна или больше температуры возгорания ГВ. Зная характеристики и местоположение ГВ и ИЗ в судовом помещении, можно оценивать текущий уровень пожарной опасности, а прогнозируя возможные перемещения ГВ и ИЗ, изменения их состояний и температуры нагрева — определять зоны, где ГВ и ИЗ должны оказаться в контакте, способном привести к возгоранию [3].

Основное отличие предложенного способа от традиционно используемого в системах пожарной сигнализации заключается в том, что необходимо дополнительно контролировать перемещение ИЗ и ГВ, их состояние и параметры, а также определять координаты зон, где ГВ и ИЗ, температура которых достаточна для начала возгорания, могут вступить в контакт. Это позволяет обнаружить пожар уже на 1-м этапе. Дальнейшее развитие метода с использованием динамических моделей ПОС дает возможность прогнозировать зоны потенциальной пожарной опасности заранее.

Процесс контроля пожарной опасности можно представить в виде обобщенной структуры (рис. 1), которая содержит: объект контроля — пожароопасную обстановку в помещении; агент контроля — источники информации о состоянии объекта контроля и окружающей его среды, которым является все насыщение корабельного помещения кроме ИЗ и ГВ, а также вычислительное устройство, принимающее решение о наличии ПОС; субъект процесса контроля — экипаж судна.

Таблица 1

Этапы развития пожароопасной ситуации и возникновения пожара

Этап	Основные признаки	Возможный ущерб
1. Пожароопасная ситуация	Наличие горючих материалов и окислителя, находящихся в контакте, появление источника зажигания	Ущерб отсутствует
2. Предпожарная ситуация	Отсутствует пламенное горение, под воздействием нагрева происходит пиролиз твердых горючих веществ, испарение воспламеняющихся жидкостей	Минимальный ущерб
3. Возгорание	Возникновение пламенного горения и развитие его до момента образования значительного очага горения	Незначительный ущерб
4. Пожар	Интенсификация горения, резко увеличивается значение всех опасных факторов пожара	Значительный ущерб
5. Объемный пожар	Распространение пламени по всем поверхностям в помещении	Большой ущерб
6. Распространение пожара в смежные помещения	Проникновение продуктов горения в виде пламени и дыма через судовые конструкции, граничащие с аварийным помещением	Катастрофический ущерб

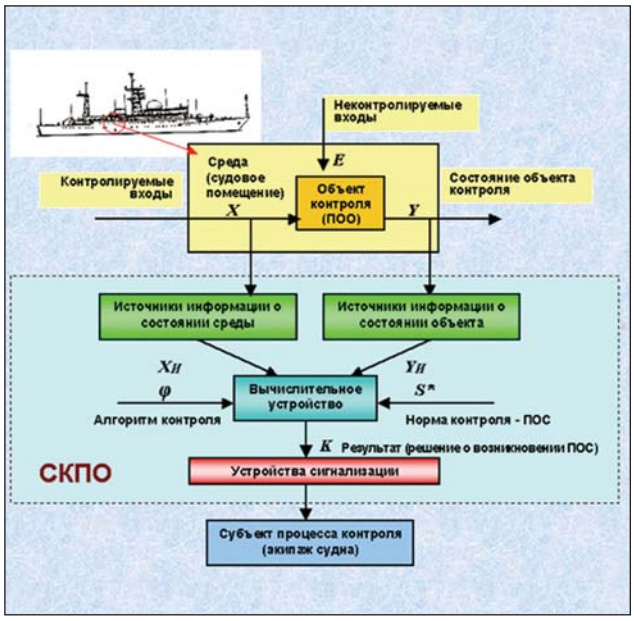


Рис. 1. **Структура процесса контроля пожарной опасности в судовом помещении**

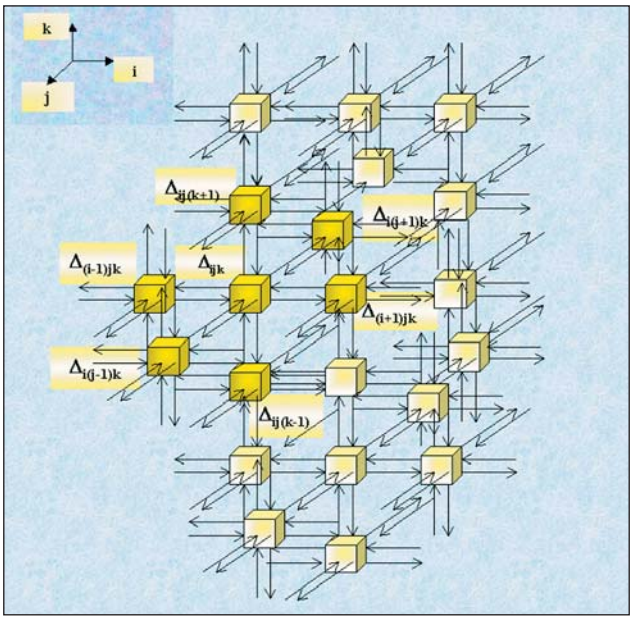


Рис. 2. **Фрагмент модели помещения в виде пространственной структуры клеточных автоматов**

Объектом контроля в системе «корабельное помещение — ПОС — устройство контроля» являются ИЗ и ГВ; все остальное насыщение помещения — оборудование, технические средства и т. д., включая переборки, подволок и палубу, — является «средой», воздействующей на объект. Источники информации (ими могут быть отдельные датчики, автоматические системы и устройства, члены экипажа) выдают информацию о состоянии среды $X_и$ и объекта контроля $Y_и$. В основе процесса контроля лежит информация о сложившейся ПОС $I = \langle X_и, Y_и \rangle$, которая всегда будет неполной. Эта неполнота прежде всего связана с ограниченными возможностями всякой системы сбора информации.

В процессе контроля устанавливают соответствие между состоянием и свойствами S объекта контроля и заранее заданной нормой. Для этого контролируемые параметры X, Y должны быть сопоставлены с уставками. На основании результата сопоставления формируется и выдается суждение о результате K. Поэтому для целенаправленного функционирования устройства контроля кроме информации I необходимо знать норму контроля S^* и алгоритм контроля φ, т. е. $K = \varphi\langle I, S^* \rangle$.

В качестве нормы контроля S^* будет выступать пространство критических ПОС $s_1^*, \ldots, s_p^*$, определяемых для контролируемого помещения. Пространство $S^* = (s_1^*, \ldots, s_p^*)$ одновременно является подпространством более мощного пространства $S = (s_1, \ldots, s_\ell)$, которое охватывает все возможные изменения обстановки (ситуации), способные произойти в помещении, т. е. $S^* \in S$.

Для того чтобы разработать программное обеспечение устройства контроля, способного распознавать критические ПОС, их следует определять уже на этапе проектирования судна. Для этого необходима математическая модель процесса формирования и развития ПОС в судовых помещениях.

Для формализованного описания размещения разнообразных ГВ и ИЗ в пространстве корабельного помещения их можно условно объединить в группы. ИЗ могут быть представлены нагретыми поверхностями, электрическими дугами и искрами, открытым пламенем, а ГВ могут различаться в зависимости от их агрегатного состояния и быть твердыми, жидкими или газообразными. Значимыми характеристиками ИЗ и ГВ можно считать те, которые позволяют определять возможность возгорания ГВ при контакте с ИЗ: их координаты в пространстве помещения, температуру ИЗ и температуру воспламенения ГВ. В качестве дополнительных характеристик следует ввести понятия: «установлены стационарно», «могут быть перемещены», «защищены теплоизоляцией», «защищены герметичной оболочкой».

Все возможные варианты размещения и перемещения ИЗ и ГВ можно свести к нескольким типовым вариантам, для которых координаты ИЗ и ГВ остаются неизменными или задаются, т. е. известны заранее. Наиболее сложно определять координаты в случае самопроизвольного перемещения жидких и газообразных ГВ.

Наиболее выразительным средством для описания динамики изменения ПОС является имитационное моделирование, а именно: пошаговое моделирование поведения объекта с помощью персональных ЭВМ, которое заключается в том, что фиксируются определенные моменты времени $\tau_1, \ldots, \tau_N$ и состояние модели вычисляется последовательно в каждый из этих моментов времени. Для этого задается алгоритм перехода модели из одного состояния в следующее, т. е. преобразование $Z_i \rightarrow Z_{i+1}$, где Z_i — состояние модели в τ_i-й момент времени.

Математическую модель судового помещения можно представить в виде

$$<\tau, X, E, Y, Z, F, L, \Delta>,$$

где τ — множество моментов времени; X, E, Y — множество контролируемых и неконтролируемых входных и выходных сигналов; Z — множество состояний помещения; F — оператор переходов, отражающий состояние помещения под действием внутренних и внешних возмущений; L — оператор выходов, описывающий

механизм формирования выходного сигнала как реакции на внутренние и внешние возмущения, происходящие в помещении; Δ — параметр, характеризующий пространство помещения.

Операторы L и F реализуют отображения

$$F: \tau \times Z \times X \to Z\,; \quad L: \tau \times Z \times X \to Y\,.$$

Будем считать, что помещение может принимать два состояния: пожароопасное и непожароопасное, т. е. $Z = \{1, 0\}$.

Представим пространство Δ помещения в виде структуры, образованной n-м количеством одинаковых кубических объемов Δ_{ijk} (в дальнейшем будем называть их единичными объемами), при этом справедливы выражения

$$\Delta = \bigcup_{ijk=1}^{n} \Delta_{ijk}\,; \quad \Delta_{ijk} \in \Delta\,;$$

$$V_{\Delta 1} = V_{\Delta 2} = \ldots = V_{\Delta ijk} = \ldots = V_{\Delta n}\,,$$

где $V_{\Delta ijk}$ — единичный объем Δ_{ijk}.

Состояние Z помещения в момент времени $\tau \in \tau$ полностью определяется состояниями его n единичных объемов $(Z_i = 1) \to (Z = 1)$ и

$$Z^{\tau} = (Z_1 \vee Z_2 \vee \ldots \vee Z_i \vee \ldots \vee Z_n)^{\tau}\,.$$

Тогда состояние помещения за период времени $\tau = 1, \ldots, m$ можно выразить в виде матрицы

$$Z^{\tau} = \begin{vmatrix} Z_1^{\,1} & Z_1^{\,2} & \ldots & Z_1^{\,m} \\ Z_n^{\,1} & Z_n^{\,2} & \ldots & Z_n^{\,m} \\ \vdots & \vdots & \ldots & \vdots \\ Z_n^{\,1} & Z_n^{\,2} & \ldots & Z_n^{\,m} \end{vmatrix}, \quad \tau = \overline{1, m}\,.$$

Рассмотренную модель судового помещения удобно представить в виде пространственной структуры клеточных автоматов (разновидность конечного автомата). Идея клеточных автоматов была сформулирована независимо Дж. Фон Нейманом и К. Цусе в конце 40-х годов XX века [4—6]. В нашей стране направление работ, связанное с построением моделей коллективного поведения автоматов в случайных средах, сформулировано и развито М. Л. Цетлиным в 60-е годы. Предполагалось, что можно «атомизировать» сложное поведение, т. е. при изучении такого поведения можно выделить элементарный поведенческий акт и сформулировать элементарную поведенческую задачу. Если после этого построить конечный автомат, хорошо решающий элементарную задачу, то сложное поведение сложного объекта можно рассматривать как результат совокупного поведения большого числа элементарных объектов, каждый из которых решает элементарную задачу.

Фрагмент модели, на котором выделены единичный объем с координатами ijk в трехмерном пространстве и шесть его ближайших соседей, представлен на рис. 2. Для наглядности они изображены отстоящими друг от друга, хотя на самом деле непосредственно соприкасаются. Стрелками условно обозначены их входы и выходы. Состояние каждого единичного объема пространства помещения может изменяться во времени. Каждый отдельно взятый единичный объем можно считать динамической системой. Тогда его можно представить как математический объект вида

$$\Delta = < \tau,\ M,\ R,\ T,\ Z,\ u >\,,$$

где M — структурно-пространственная характеристика, учитывающая, что у каждого клеточного автомата есть шесть соседей; R — характеризует состояние вещества, находящегося в единичном объеме; T — характеризует температуру единичного объема; Z — состояние единичного объема в плане пожарной опасности,

$$Z = f(R, T) = \begin{cases} 1 — \text{пожарная опасность}, \\ 0 — \text{нет пожарной опасности}; \end{cases}$$

u — характеризует взаимодействие клеточного автомата с его ближайшими соседями;

$$\Delta_{i,j,k}^{\tau+1} = f\,(u(\Delta_{i,j,k}^{\tau}))\,,$$

$$u(\Delta_{i,j,k}) = \{\Delta_{i1,j1,k1} \in M : |\Delta_{i,j,k} - \Delta_{i1,j1,k1}| = 1\} \text{ или}$$

$$u(\Delta_{i,j,k}) = \{\Delta_{i+1,j,k}, \Delta_{i-1,j,k}, \Delta_{i,j+1,k}, \Delta_{i,j-1,k}, \Delta_{i,j,k+1}, \Delta_{i,j,k-1}\}.$$

Состояние клеточного автомата с координатами i, j, k на τ временном шаге будем определять как

$$\Delta_{i,j,k}^{\tau} = R \times T,\ R = \{r_1, r_2, \ldots, r_{10n}\},\ T = \{t_1, t_2, \ldots, t_{4p}\}\,,$$

где $r_1, r_2, \ldots, r_{10n}$ — характеристики ГВ; $t_1, t_2, \ldots, t_{4p}$ — характеристики ИЗ.

Подобная модель позволяет: определять изменение состояния клеточного автомата (пожароопасное или непожароопасное), отслеживать распространение газообразных и жидких ГВ, учитывать изменение температурного поля в зависимости от режимов работы оборудования. Время в модели изменяется дискретными шагами. На каждом временном шаге клеточный автомат вычисляет свое состояние в соответствии с алгоритмом, который учитывает предыдущие состояния как его самого, так и шести ближайших соседей. Пожароопасное состояние $Z_{\Delta ijk} = 1$ для клеточного автомата с координатами i, j, k наступит в том случае, если для него самого или для любого из ближайших соседей будет выполняться следующее условие:

$$(r_5 = 1) \wedge [(r_{10} \le t_4) \vee (t_2 = 1) \vee (t_3 = 1)]\,,$$

где $(r_5 = 1)$ означает присутствие ГВ; $(r_{10} \le t_4)$ показывает, что температура возгорания ГВ меньше или равна температуре нагретой поверхности; $(t_2 = 1)$ свидетельствует о наличии открытого пламени, а $(t_3 = 1)$ — о наличии электродуги и искр при коротком замыкании в электроцепи.

Предложенный подход позволил приступить к решению проблемы автоматизации процесса контроля пожарной опасности в судовых помещениях и определить дальнейшее развитие судовых систем пожарной сигнализации как систем контроля пожарной опасности. Одной из первых систем данного класса можно считать систему «Краб-М», опытный образец которой создан на заводе «Кризо» (г. Гатчина Ленинградской обл.) [7].

Литература

1. Борьба с пожарами на судах. Т. 1. Пожарная опасность на судах/Под ред. *М. Г. Ставицкого*. Л.: Судостроение, 1976.
2. *Радзиевский С. И., Хныкин В. М.* Пожаробезопасность и противопожарная защита кораблей. Л.: Судостроение, 1987.
3. Пат. № 2179470 РФ. Способ обнаружения пожарной опасности и пожара в помещении судна/*В. Н. Круглеевский*. М.: Роспатент. Бюл. № 5, 2002 г.
4. *Фон Нейман Дж.* Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1971.
5. *Тоффоли Т., Марголус Н.* Машины клеточных автоматов. М.: Мир, 1991.
6. *Варшавский В. И.* Коллективное поведение автоматов. М.: Наука, 1973.
7. Свидетельство на полезную модель № 26430 РФ. Система контроля пожарной безопасности/*С. С. Богданов, В. А. Колесник, В. Б. Буслаев, В. Н. Круглеевский, С. А. Виноградов*. М.: Роспатент. Бюл. № 34, 2002 г.

БЮДЖЕТ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ И РАСХОДОВ

М. Ю. Нестерова, Е. А. Фролова (Федеральное агентство по промышленности)

УДК 336.12

Когда проблема управления дебиторской задолженностью любого предприятия, в том числе судостроительной промышленности, решена и оно владеет информацией о реально имеющихся в его распоряжении средствах, соответственно возникает вопрос о контроле денежных потоков (ДП) предприятия и их оптимизации.

Управление ДП включает учет движения денежных средств (ДС), анализ потоков ДС, составление бюджета ДС и охватывает основные аспекты управления деятельностью предприятия (рис. 1).

Управление ДП особенно важно для предприятия с точки зрения необходимости управления:

- оборотным капиталом (оценки краткосрочных потребностей в наличных средствах и управления запасами);
- капитальными потребностями (финансирование за счет собственных средств или кредитов банка);
- затратами и их оптимизации с точки зрения более рационального распределения ресурсов предприятия в процессе производства;
- экономическим ростом, а также планирования временных параметров капитальных затрат.

Правильно организованная работа с расчетами позволяет предприятию контролировать ДП, а их оптимизация требует применения системы обобщения информации о ДП, которая и отражается в различных бюджетах. В бухгалтерском учете составляется «Отчет о движении денежных средств» (форма № 4), в котором отражаются источники денежных поступлений и направления их расходования. Структура формы № 4 является аналогом бюджета ДП и позволяет выявить фактический дефицит или профицит ДС.

Но этот отчет имеет один существенный, с управленческой точки зрения, недостаток — источники доходов и направления расходов представлены в нем в виде экономических статей, которые сложно в дальнейшем использовать для принятия управленческих решений. Для решения данной проблемы финансовые менеджеры помимо отчета применяют бюджеты различных видов, которые способствуют соблюдению и укреплению финансовой дисциплины на предприятии.

Структура текущих денежных поступлений и расходов (форма № 4) должна анализироваться с учетом целесообразности и изменений статей расходов в сопоставлении с объемами закупок основных фондов, выплат процентов по кредитам, затрат на содержание и ремонт оборудования и т. д., что позволяет выявить уровень дефицита денежных средств, понять причины его возникновения и разработать мероприятия по устранению причин, способствующих его появлению.

Одной из причин превышения денежных расходов над доходами являются затруднения в организации оперативного учета поступивших ДС. Во избежание подобных ситуаций можно организовать финансовый учет денежных поступлений (таблица). Таким образом, аппарат управления всегда будет иметь информацию о ДС, которыми можно распоряжаться сегодня или через несколько дней (когда появится документальное подтверждение).

Представленная таблица должна заполняться каждый день и может быть дополнена необходимой информацией в зависимости от квалификации менеджера. Составление аналогичной таблицы денежных расходов (с обязательным указанием даты расходов) позволит составить сетевой график платежей и поступлений, упорядочить процесс расходования ДС. Иными словами, основная задача анализа денежных потоков заключается в выявлении причин недостатка (избытка) ДС, определении источников их поступлений и направлений использования.

При анализе потоки ДС рассматриваются по трем видам деятельности: основная, инвестиционная и финансовая. Разделение всей деятельности предприятия на три самостоятельные сферы очень важно в российской практике, поскольку хороший (т. е. близкий к нулю) совокупный поток может быть получен за счет компенсации отрицательного ДП по основной деятельности притоком средств от продажи активов (инвестиционная деятельность) или привлечения кредитов банка (финансовая деятельность). В этом случае величина совокупного потока маскирует реальную убыточность предприятия.

На рис. 2 представлен процесс формирования ДП в результате деятельности предприятия. По результатам анализа ДП можно сделать заключения по следующим вопросам:

1. В каком объеме и из каких источников получены ДС и каковы основные направления их расходования;

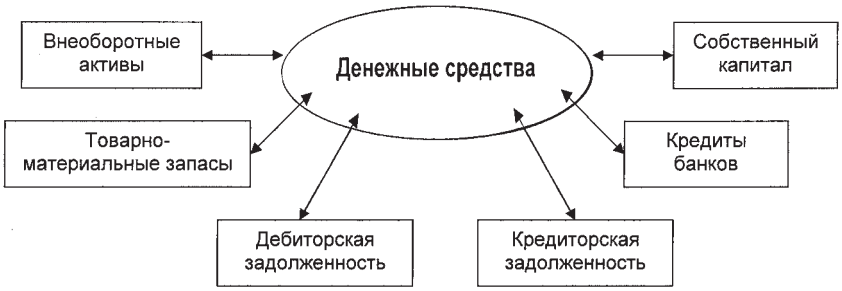


Рис. 1. **Денежные средства предприятия**

2. Способно ли предприятие в результате своей текущей деятельности обеспечить превышение поступлений ДС над платежами и насколько стабильно такое превышение;

3. В состоянии ли предприятие расплатиться по своим текущим обязательствам;

4. Достаточно ли полученной предприятием прибыли для удовлетворения его текущей потребности в деньгах;

5. Достаточно ли собственных средств предприятия для инвестиционной деятельности;

6. Чем объясняется разница между величиной полученной прибыли и объемом ДС.

Таким образом, более эффективное управление ДП повышает степень финансовой и производственной гибкости предприятия, что приводит к следующим результатам:

✓ улучшению оперативного управления, особенно с точки зрения сбалансированности поступлений и расходования ДС;

✓ росту продаж и оптимизации затрат за счет больших возможностей маневрирования ресурсами предприятия;

✓ улучшению управления долговыми обязательствами;

✓ сокращению расходов на проценты по обязательствам;

✓ повышению ликвидности предприятия;

✓ возможности высвобождения ДС для инвестирования в «зоны роста» при относительно небольших затратах;

✓ улучшению условий переговоров с кредиторами и поставщиками;

✓ большей вероятности получения кредитов или инвестиций от потенциальных зарубежных партнеров;

✓ большему количеству альтернатив финансовой реструктуризации;

✓ созданию надежной базы для оценки эффективности работы каждого из подразделений предприятия, а также его финансового состояния в целом;

✓ возможности быстрого реагирования на изменения в рыночной среде.

Оперативное управление финансовыми потоками обычно осуществляется сотрудниками финансового управления с помощью составления бюджетов доходов и расходов, а также календарного плана поступления и расходования ДС.

Часто приходится сталкиваться с мнением, что бюджеты являются аналогом планов. По сути, бюджет представляет собой прогноз ситуаций, которые слабо контролируются на местах, что, в итоге, приводит к перерасходу или нерациональному использованию ДС в филиалах и структурных подразделениях предприятия, в то время как планы, представляющие собой максимально детализированный способ реализации бюджета, позволяют контролировать степень его исполнения. Кроме того, степень детализации информации в представленных бюджетах не дает оснований для отнесения их к планам — и это является причиной увеличения риска влияния негативных и неуправляемых факторов на исполнение бюджетов и получение ожидаемого финансового результата.

Цель бюджетирования ДС состоит в расчете необходимого их объема и определении моментов времени, когда у предприятия ожидается недостаток или избыток ДС, для того чтобы избежать кризисных явлений и рационально использовать ДС предприятия.

Бюджетирование ДС позволяет: получить целостное представление о совокупной потребности в ДС; принимать управленческие решения о более рациональном использовании ресурсов; анализировать значительные отклонения по статьям бюджета и оценивать их влияние на финансовые показатели предприятия; своевременно определять потребность в объеме и сроках привлечения заемных ДС.

При наличии значительного количества филиалов, планирование и оценка результатов деятельности дает возможность выявить нерентабельные филиалы и виды деятельности в том или ином регионе и определить способы повышения рентабельности за счет использования внутренних ресурсов предприятия, а наличие краткосрочных бюджетов позволяет контролировать текущую деятельность филиалов для достижения поставленных целей в рамках условий, зафиксированных в бюджете.

Разработка системы планирования и управления финансами опирается на организацию системного анализа и планирование ДП, что, в свою очередь, основывается на разработке и контроле исполнения иерархической системы бюджетов предприятия.

Финансовое планирование включает в себя системы бюджетного планирования деятельности структурных подразделений и сводного планирования деятельности всего предприятия.

Для составления бюджета необходимо большое количество первичной информации, которая, как правило, существует лишь в разрозненном виде в подразделениях. Обычно на предприятиях не существует единой службы, которая зани-

Финансовый учет денежных поступлений

Договор №	Ожидаемые поступления		Поступило			
	Сумма	Дата	Подтверждены документами	Дата поступления	Не подтверждены документами	Дата поступления

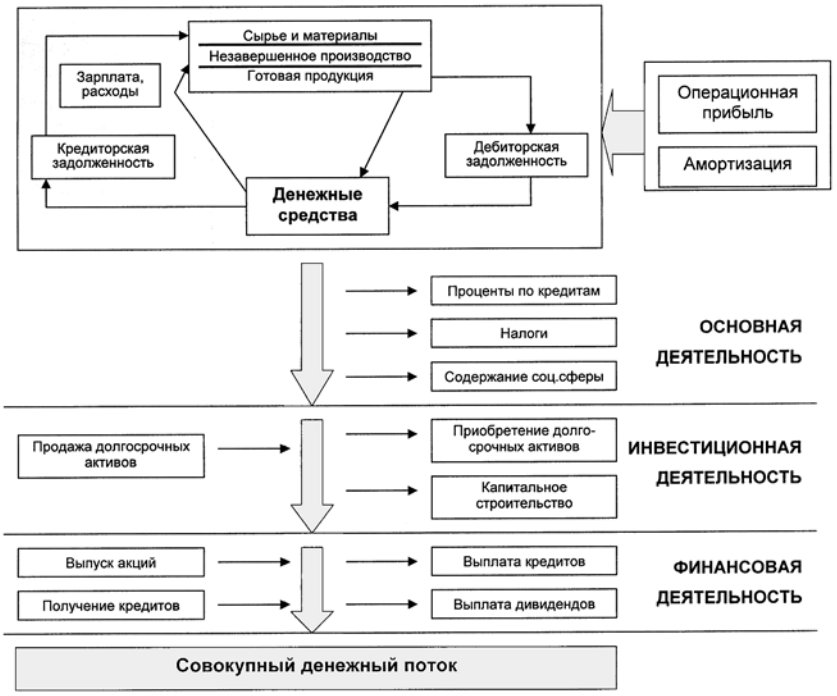


Рис. 2. **Процесс формирования денежного потока в результате деятельности предприятия**

малась бы сбором этой информации для составления бюджетов. На рис. 3 приведен перечень основных документов, необходимых для составления бюджета ДС, и факторов, которые должны учитываться при его подготовке.

Принципиальным вопросом при организации системы планирования является выбор метода. Например, может быть применено:

• планирование сверху—вниз: когда программа сбыта разрабатывается в аппарате управления, затем дополняется сметой расходов по каждому виду продукции и направляется в производственные подразделения для уточнения расходов и готовности подразделений к выполнению программы и т. д.;

• планирование снизу—вверх, которое предполагает консолидацию расходов производственных подразделений. В данном случае объем продаж составляется по каждому виду продукции, затем формируется бюджет продаж в сопоставлении с производственными и операционными расходами.

Процесс формирования бюджетов заключается в определении их структуры, выявлении центров ответственности за формирование и исполнение бюджетов, разработке процессов согласования, утверждении и контроле исполнения бюджетов. Эффективность процесса во многом зависит от четкости разграничения полномочий и ответственности служб.

Как правило, бюджет предприятия представляет собой прогноз движения ДС, структура которого соответствует бухгалтерскому отчету о движении ДС. Данный документ формируется в целях выполнения в полном объеме и в срок платежей, необходимых для нормальной (запланированной) работы компании, а также сопоставления данных бухгалтерского учета с фактическими данными исполнения бюджета ДС.

Для оперативного управления ДП и формирования прогнозов структура документа (отчета) должна быть более детализирована, особенно в части составления прогноза расходов. В качестве приложения к этому отчету каждое структурное подразделение должно представить пакет аналитических таблиц с алгоритмом расчетов, которые ему необходимы для отражения данных в отчетной таблице (рис. 4).

Прогнозный отчет о прибыли и убытках имеет структуру, аналогичную развернутой бухгалтерской форме отчета о прибылях и убытках. Отличие между бухгалтерским и прогнозным отчетами состоит в том, что во втором случае показываются выручка и себестоимость по основным видам производства. Это позволяет оперативно оценивать эффективность каждого вида производства, определять допустимый уровень постоянных расходов, рассчитывать показатели рентабельности и оборачиваемости. Принципиальным в прогнозном отчете о прибыли и убытках является разделение затрат на переменные и постоянные.

Прогнозный баланс — его структура аналогична аналитическому балансу. Данный документ формируется в целях определения прогнозной оценки финансового состояния ком-

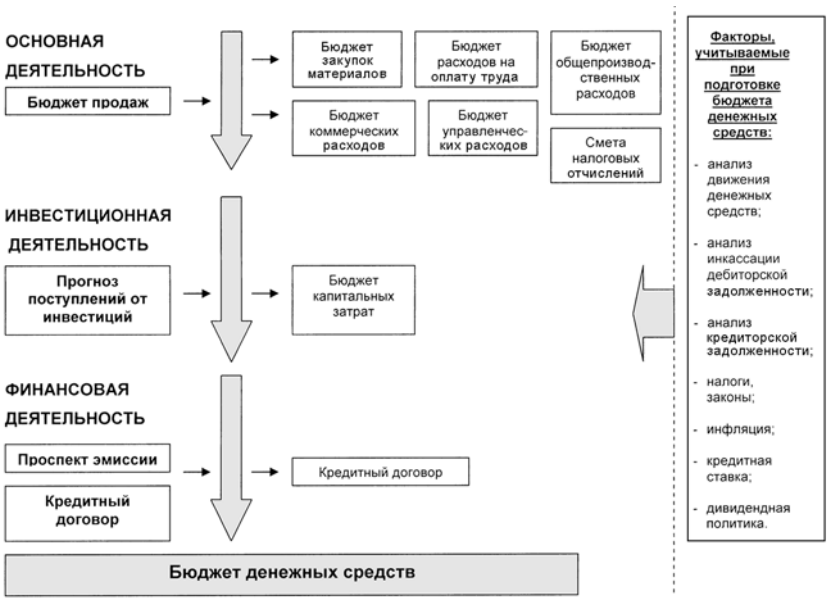


Рис. 3. **Основные документы, необходимые для составления бюджета денежных средств**

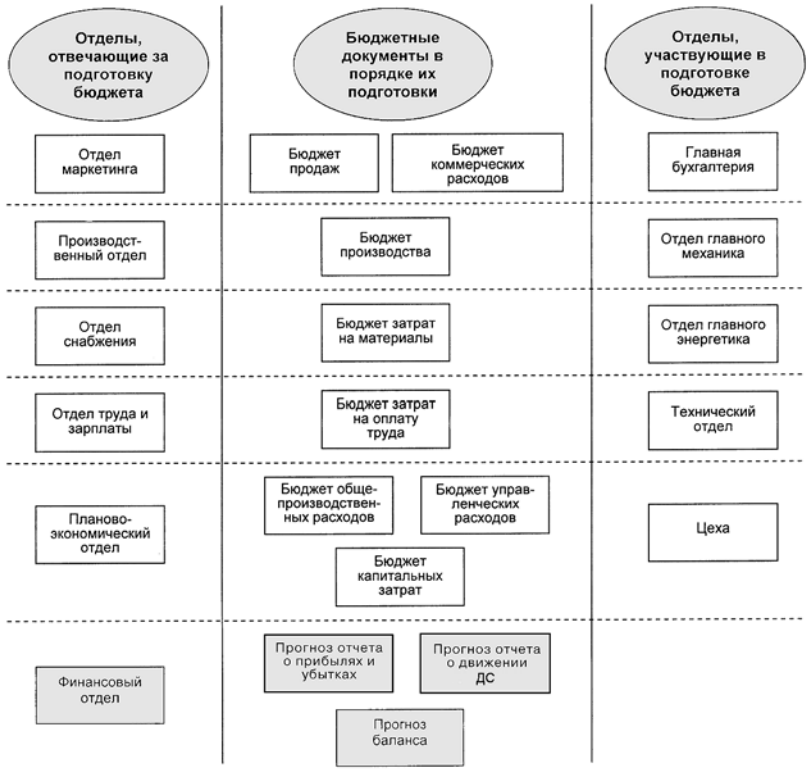


Рис. 4. **Схема формирования бюджетов и прогнозов**

пании с помощью предварительного расчета финансовых показателей, а также для сопоставления данных бухгалтерского учета с фактическими данными исполнения бюджета. Сопоставление фактических ежемесячных данных бухгалтерского баланса с прогнозными позволит своевременно принимать меры по укреплению финансового состояния предприятия.

Перечень операционных бюджетов по структурным подразделениям содержит различные информационные документы, которые классифицируются по подразделениям — центрам ответственности за подготовку бюджетов.

Операционные бюджеты трансформируются в бюджет расходов, сформированный на основе:

1. Бюджетов производств;
2. Бюджета прямых расходов (на приобретение теплоэнергоресурсов, приобретение и изготовление полуфабрикатов, сырья и материалов, заработную плату основного и вспомогательного персонала);
3. Бюджета постоянных расходов (заработной платы управленческого персонала);
4. Бюджета налогов;
5. Бюджета коммерческих расходов;
6. Бюджета расходов на капремонты;
7. Бюджета расходов на текущие ремонты;
8. Бюджета расходов на приобретение оборудования;
9. Бюджета расходов на общепроизводственные расходы с разбивкой на бюджеты по видам затрат;
10. Бюджета расходов на содержание транспорта;
11. Бюджета расходов на оказание непроизводственных услуг;
12. Бюджет расходов из чистой прибыли (на НИОКР, шефскую помощь, содержание спортивных клубов и организаций, инвестиционные проекты) и т. д.

Для контроля за расходами для каждого подразделения формируются бюджеты расходов, что в сочетании с доходами от реализации продукции позволяет определить общий уровень расходов подразделения, которыми сопровождается выпуск продукции.

Каждый бюджет должен иметь финансово-экономическое обоснование, т. е. бюджеты и планы, которые приходят из центров ответственности, их исполнение должно быть распределено во времени; ответственность за исполнение бюджета несет структурное подразделение, реализующее поставленную перед ним задачу.

Конечно, степень детализации бюджетов зависит от размера предприятия, объемов хозяйственных операций и квалификации менеджеров, поэтому каждый руководитель организует с учетом специфики организации деятельности предприятия систему бюджетирования, которая является одним из инструментов финансового менеджмента. В целом, использование предложенной системы бюджетирования с последующим сравнением бюджетов с полученными фактическими данными позволит предприятию своевременно выявлять отклонения, усиливать благоприятные и уменьшать неблагоприятные тенденции, совершенствовать методологию планирования, а главное, избежать лишних расходов, увеличив тем самым доходную часть.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕСУРСА СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ДО ЕГО ПЕРЕБОРКИ

Ю. Г. Лавров, канд. техн. наук (ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

УДК 621.436.003.13

Прогнозирование экономических показателей для судовых дизелей в связи со сложными связями между отдельными параметрами дизеля обусловливает необходимость применения математических методов, которые позволяют повысить научную обоснованность расчетов [1].

Ресурс любого технического объекта ограничивается предельным состоянием, т. е. таким состоянием, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна. Для судовых дизелей предельное состояние может наступить в трех случаях [2, 3]:

• когда дизель из-за естественных процессов старения деталей (из-

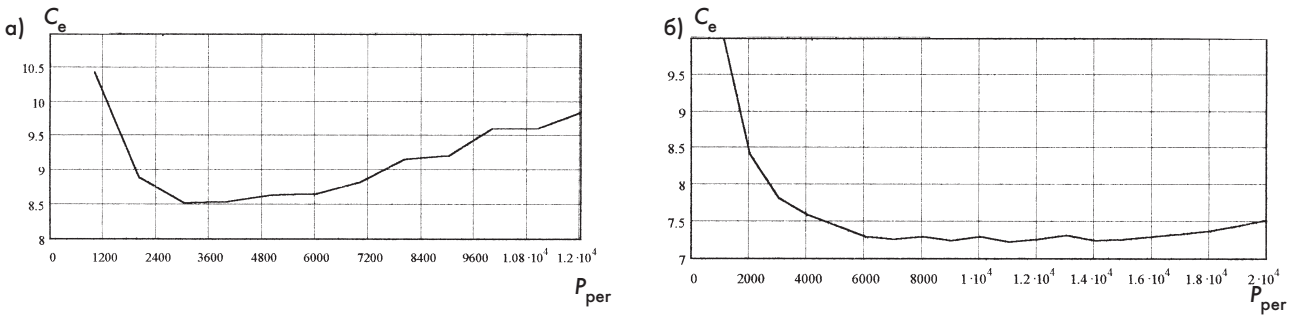


Рис. 1. **Зависимость стоимости эксплуатации дизеля C_e от его ресурса до переборки R_{per} при K_{top} = 1,2 и K_m = 4 (*а*) и K_{top} = 1,05 и K_m = 1,2 (*б*)**

носа, коррозии, усталости и др.) или вследствие аварийных повреждений частично или полностью не способен выполнять заданные функции (не развивает полной мощности, затруднен пуск дизеля и т. д.);

• по технико-экономическим показателям, например, из-за чрезмерного увеличения затрат при эксплуатации вследствие повышенных удельных расходов топлива, масла и т. д. или из-за износа основных деталей дизеля;

• по показателям безопасности: для обслуживающего персонала (механическая и тепловая опасность, повышенные вибрация и шум); для окружающей среды (экологическая опасность загрязнения окружающей среды топливом, маслом, превышение норм выброса вредных компонентов отработавших газов).

Большая часть дизелей эксплуатируется на нагрузках менее 0,7—0,8 N_e, а затрудненный пуск чаще обусловлен неисправностями топливной аппаратуры или значительными износами деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ). Низкий уровень системы контроля эмиссии отработавших газов и виброактивности дизелей в России определяет технико-экономический показатель (ТЭП) как основной критерий предельного состояния.

Технико-экономический показатель за интервал времени Δt — это стоимость произведенной дизелем энергии за это время, тогда ТЭП за период R можно записать в виде

$$ТЭП = \sum_{t=0}^{R} \frac{C_{e_t}}{\overline{N}_{e_t}},$$

где C_{e_t} — стоимость эксплуатации дизеля за период Δt; $\overline{N}_{e_t}$ — средняя мощность дизеля за этот период.

ТЭП является функцией времени и целого ряда переменных и постоянных компонент, поэтому анализ этого показателя целесообразно проводить за весь жизненный цикл дизеля R_p, считая произведенную энергию величиной постоянной.

Полная стоимость эксплуатации зависит от стоимости дизеля, всех видов технического обслуживания, запасных частей, топлива, масла, охлаждающей жидкости и оплаты труда обслуживающего персонала.

В процессе эксплуатации дизеля в его деталях естественным образом накапливаются повреждения, связанные с постепенным износом трущихся деталей, накоплением многоцикловой и малоцикловой усталости, кавитационными разрушениями, фреттинг-коррозией и др. Завод-изготовитель, назначая ресурс до переборки или до капитального ремонта дизеля, с достаточной вероятностью гарантирует, что за этот период характеристики наиболее проблемных узлов не достигнут предельно допустимых значений, а увеличение удельного расхода топлива и масла на угар будет незначительным (до 5%). Фактически за период работы до назначенного ресурса удельный эффективный расход топлива увеличивается на 5—20%, а расход масла на угар в 1,2—4 раза, что повышает стоимость эксплуатации. Выполнение переборок (ремонта) приводит эти расходы и стоимость эксплуатации к номинальным значениям, но требует дополнительных затрат. Очевидно, что с экономической точки зрения существует некоторый оптимальный ресурс до переборки (ремонта).

Принимая среднюю интенсивность отказов и оплату труда обслуживающего персонала не зависимыми от количества переборок , рассчитаем стоимость эксплуатации дизеля C_e за полный ресурс 40 тыс. ч; расчет выполнен в пересчете на 1 кВт в относительном виде: стоимость двигателя C_d = 1 (стоимость 1 кВт мощности двигателя C_k = 15 000 руб.), стоимость капитального ремонта C_{kr} = 0,4, а переборки C_{per} = 0,09:

$$C_e = C_d + C_{kr} + n\,C_{per} + C_{e\,top} + C_{e\,m},$$

где n — число переборок двигателя; стоимости топлива $C_{e\,top}$ и масла $C_{e\,m}$ за период эксплуатации вычисляются по следующим формулам:

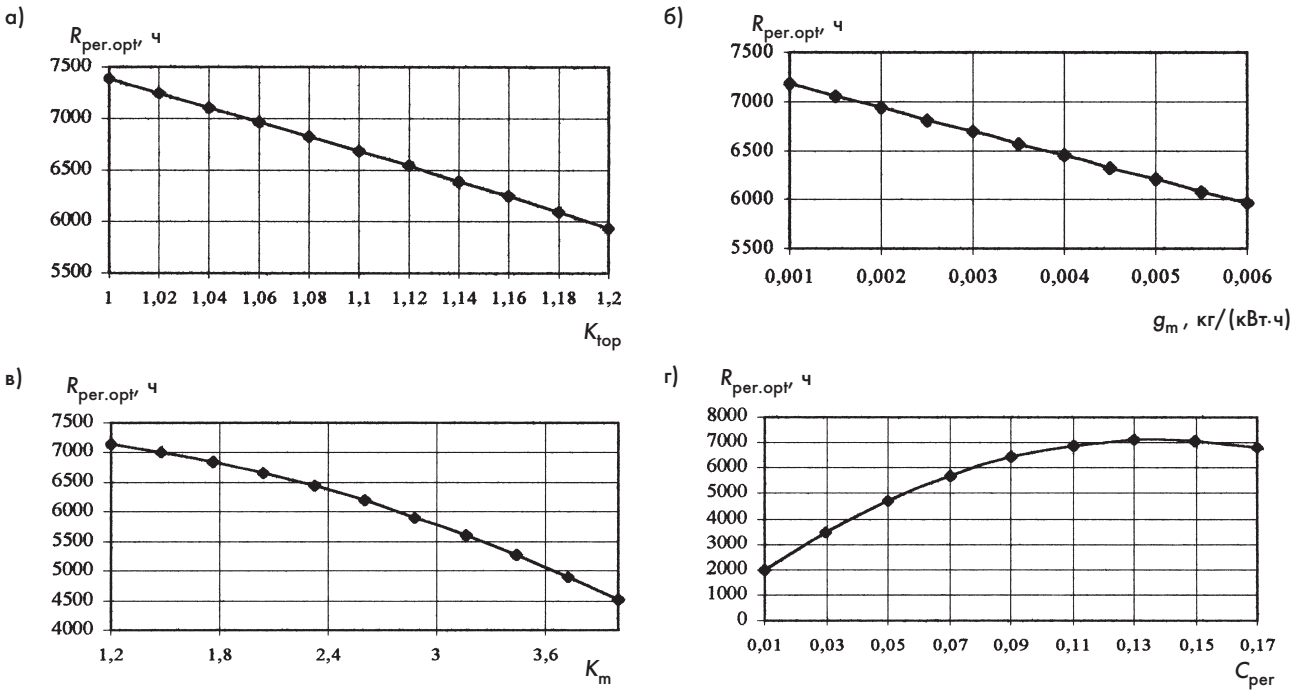
$$C_{e\,top} = (n+2)\sum_{t=0}^{R_{per}} \left(g_e + \frac{g_e\,(K_{top}-1)}{4000}\,t\right)\frac{C_{top}}{C_k};$$

$$C_{e\,m} = (n+2)\sum_{t=0}^{R_{per}} \left(g_m + \frac{g_m\,(K_m-1)}{4000}\,t\right)\frac{C_m}{C_k}.$$

Таблица 1

Уровни варьирования факторов влияния на стоимость эксплуатации дизеля

Фактор влияния	Количество уровней	Нижний предел	Верхний предел	Шаг варьирования
Стоимость топлива C_{top}, руб./кг	3	8	10	1
Стоимость масла C_m, руб./кг	3	40	60	10
Стоимость переборки C_{per}, относ. ед. от C_d	9	0,01	0,17	0,02
Удельный расход топлива g_e, кг/(кВт·ч)	9	0,18	0,26	0,01
Удельный расход масла g_m, кг/(кВт·ч)	9	0,001	0,066	0,0007
Коэффициент увеличения расхода топлива K_{top}	3	1,05	1,2	0.1
Коэффициент увеличения расхода масла K_m	3	1,2	4	2



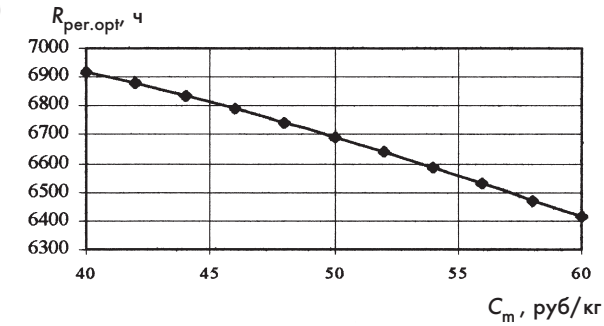


Рис. 2. **Зависимости $R_{per.\,opt}$ от K_{top} (а), от g_m (б), от K_m (в), от C_{per} (г) и от C_m (д)**

В частности, при стоимости топлива C_{top} = 9 руб./кг, масла C_m = 50 руб./кг, переборки $C_{per} = 0{,}09C_d$, удельном эффективном расходе топлива $g_e = 0{,}2$ кг/(кВт·ч), удельном расходе масла на угар $g_m = 0{,}003$ кг/(кВт·ч) и при увеличении расхода топлива за 4000 ч работы на 20% ($K_{top} = 1{,}2$), а масла в 4 раза ($K_m = 4$) стоимость эксплуатации дизеля в зависимости от ресурса до переборки R_{per} будет меняться от 8,5 до 10,5 стоимости двигателя (рис. 1).

В случае увеличения расхода топлива на 5% ($K_{top} = 1{,}05$), а масла на 20% ($K_m = 1{,}2$) стоимость эксплуатации дизеля в зависимости от ресурса до переборки будет меняться от 7,2 до 10 стоимостей двигателя (рис. 2).

Очевидно, что в первом случае зависимость $C_e = f(R_{per})$ имеет явно экстремальный характер и минимальная стоимость эксплуатации дизеля соответствует незначительной наработке до переборки — 3000 ч. Дальнейшая эксплуатация дизеля нецелесообразна по экономическим соображениям, даже если завод-изготовитель назначил больший ресурс до переборки. В случае, когда скорость изнашивания деталей ЦПГ низкая, расход топлива и масла изменяются незначительно (см. рис. 1, б), зависимость $C_e = f(R_{per})$ имеет длинную горизонтальную «площадку» от 6 до 16 тыс. ч до переборки, практически соотносительную со стоимостью эксплуатации.

Для оценки влияния всех факторов были выполнены расчеты минимальной стоимости эксплуатации дизеля и соответствующей наработки до переборки при условии одного капитального ремонта за 40 тыс. ч и варьировании факторов (табл. 1). Определение минимальной стоимости эксплуатации дизеля $C_{e\,min}$ проводилось при изменении R_{per} от 1 до 12 тыс. ч с шагом 1 тыс. ч.

В результате была получена матрица семи факторов из 153 различных комбинаций и выполнен расчет минимальных значений стоимости эксплуатации и оптимального ресурса до переборки.

Для комплексного учета, а также определения значимости этих факторов была построена математическая модель минимальной стоимости эксплуатации дизеля в виде регрессионных зависимостей (их параметры представлены в табл. 2).

Таблица 2

Регрессионная статистика $C_{e\,min}$ и $R_{per.opt}$

Параметр		$C_{e\,min}$	$R_{per.\,opt}$
Множественный R		0,995	0,935
R-квадрат		0,991	0,875
Стандартная ошибка		0,064	502,2
t-статистика:			
	b_o	–38,97	14,18
	C_{top}	37,36	—
	C_m	13,84	—
	g_e	90,19	—
	g_m	57,37	–7,94
	C_{per}	16,42	18,88
	K_m	9,12	—
	C_{per}^2	7,42	–12,99
	K_{top}^2	30,35	–8,95
	K_m^2	–3,42	–18,03
	C_m^2	—	–3,02

$$C_{e\,min} = -7{,}38 + 0{,}571C_{top} + 0{,}015C_m + 26{,}1g_e + 227{,}5g_m + 10{,}2C_{per} + 0{,}43K_m - 24{,}4C_{per}^2 + 1{,}5K_{top}^2 - 0{,}03K_m^2;$$

$$R_{per.\,opt} = 7237 - 2{,}43\cdot10^5 g_m + 8{,}69\cdot10^4 C_{per} - 0{,}25C_m^2 - 3{,}15\cdot10^5 C_{per}^2 - 3299K_{top}^2 - 182K_m^2.$$

Влияние факторов на оптимальный ресурс до переборки при фиксированных остальных на среднем уровне показано на рис. 2. Анализ представленных графиков показывает, что минимальная стоимость эксплуатации зависит от всех факторов и в основном линейно. Причем наиболее значимыми являются удельные расходы топлива и масла, стоимость топлива и коэффициент увеличения расхода топлива. В зависимости от значения факторов минимальная стоимость эксплуатации дизеля колеблется от 7 до 8,4 C_d. В случае одновременного неблагоприятного влияния факторов значение C_e может увеличиваться до 10 C_d.

Таким образом, оптимальный ресурс до переборки не зависит от номинального удельного расхода топлива и его стоимости. Номинальный удельный расход масла и его стоимость влияют на $R_{per.opt}$ незначительно. Основное влияние на оптимальный ресурс до переборки оказывают стоимость переборки и коэффициент увеличения расхода масла. Так, при увеличении расхода масла на угар в 4 раза минимальная стоимость эксплуатации дизеля будет соответствовать снижению оптимальной наработки до переборки с 7200 до 4500 ч. В случае снижения стоимости переборки с 0,11—0,17 до 0,01 C_d, оптимальный ресурс до переборки снизится с 7000 ч до 2000 ч.

Выводы: 1. Стратегия технического обслуживания дизеля по экономическому критерию (стоимости эксплуатации за весь жизненный цикл) позволяет оценить оптимальный ресурс до переборки, который не всегда совпадает с назначенным ресурсом, и экономить до 15% средств на эксплуатацию.

2. Эксплуатация более надежных дизелей (с незначительным увеличением расхода топлива и масла), превосходящих первоначальную стоимость менее надежных дизелей в 2 раза, даже без учета интенсивности отказов, позволяет экономить до 20—30% средств.

3. В связи с изменением факторов влияния на стоимость эксплуатации дизеля (стоимости топлива, масла, ремонтов, технического состояния) целесообразно выполнять текущий расчет оптимального ресурса до переборки по фактическим данным для конкретного дизеля.

4. Представленные модели позволяют определить стоимость эксплуатации дизеля с погрешностью 6% и оптимальный ресурс до переборки с погрешностью 500 ч только в рамках исследованного факторного пространства и только для цены за 1 кВт мощности, равной 15 000 руб. Более точные расчеты можно провести для каждого конкретного дизеля.

Литература

1. *Белоедова Л. Г.* Некоторые аспекты методологии прогнозирования экономических показателей дизеля//Труды ЦНИДИ. 1977. Вып. 72.
2. *Горшков В. Ф., Лянной В. Б., Злобин В. Г. и др.* Техническое диагностирование корабельных двигателей внутреннего сгорания. СПб.: ВМА, 1977.
3. *Лянной В. Б., Лавров Ю. Г., Хвейжи Х., Мехнеш С.* Отчет о НИР: Оценка показателей предельного состояния корабельных дизелей. СПб.: ВМА, 2001.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ В марте на верфи Aker Langsten AS заложен 71-метровый буксир ледового класса по совместному заказу ОАО «Приморское морское пароходство» и норвежской судоходной компании Rieber Shipping AS. Буксир будет обслуживать танкеры, прибывающие для загрузки к сахалинскому нефтяному терминалу в порту Де-Кастри.

✓ 18 марта на заседании совета директоров ОАО «Волготанкер» утверждена программа инвестиций в объеме 2,1 млрд руб., из которых 1,8 млрд руб. приходится на ремонт, модернизацию и реновацию судов пароходства. Так, в этом году запланирована реновация 10 танкеров типа «Волгонефть». Постройка новых судов программой не предусмотрена.

✓ ФГУП «Адмиралтейские верфи» в декабре 2004 г. закупило у немецкой компании «Kranbau Eberswalde» два новых крана грузоподъемностью 50 и 100 т — соответственно для установки на достроечной набережной и на стапеле.

✓ По результатам визита делегации министерства судостроительной промышленности КНДР в Приморский край в конце февраля подписан протокол о сотрудничестве в области судостроения и судоремонта. Планируется, в частности, совместная постройка паромов, ремонт судов КНДР в Приморье и др.

✓ Последние три года в ОАО СЗ «Авангард» ведется ремонт базовых тральщиков ВМФ. А недавно завод получил лицензию на производство вооружения и военной техники.

✓ ФГУП «Северное ПКБ» проектирует для АО «Уральский завод "Зенит"» (Казахстан) специальное скоростное судно водоизмещением около 180 т (пр. 22180), которое будет использоваться в качестве судна снабжения морских буровых установок на Каспийском море и патрулирования акватории.

✓ В конце февраля фирма «Транзас» заключила контракт с судоходной компанией «Unicom Management Services» на поставку в 2005—2006 гг. интегрированных навигационных систем для трех судов.

ВТОРАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
"ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА"
ИММОД-2005
Состоится 19—21 октября 2005 г. в Санкт-Петербурге, в ФГУП ЦНИИТС
Организаторы: ФГУП ЦНИИТС, Институт информатики и автоматизации РАН, ООО «Информационный Издательский Центр "Балтика"»
Программа и условия участия: www.crist.ru
Генеральный спонсор конференции: ООО «Экс Джей Текнолоджис», www.anylogic.ru
Оргкомитет: тел./факс (812) 3365015; 2387222; e-mail: immod@readmemag.spb.su

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. А. Кузнецов (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 681.518.001.33.002.1:629.5

Технологическая подготовка является узким местом не только в судостроении, но и практически во всех современных производствах. После того как конструкторами определена структура изделия, документация передается технологам, и начинается длительный, а порой и совершенно интуитивный процесс отехноложивания изделия. Интуитивность этой работы не всегда имеет знак минус. Нередко она основывается на многолетнем опыте технолога, знающего все возможности цехового оборудования, необходимые для выпуска изделия. Между тем квалифицированных технологов на производстве становится все меньше, а молодежь не спешит занять места ветеранов. Актуальной становится проблема представления технологических знаний для автоматизации проектирования технологии.

В последние годы на российском рынке программного обеспечения появились системы автоматизации технологического проектирования. Все эти CAM-системы являются редакторами и позволят создавать и использовать типовые технологические процессы с возможностью их дороботки под конкретное изделие. Данные о технологии в этих системах присутствуют в виде технологических справочников и типовых технологических процессов. Возможность описывать знания технолога в них отсутствует.

Что же такое знания технолога? Это цепочка суждений, с помощью которой технолог выводит технологический процесс из параметров изделия. Любой рабочий технологический процесс представляет собой последовательность операций. Эту последовательность и надо уметь определять автоматически на основе параметров изделия. Процесс вывода должен опираться на правила, применяемые квалифицированными технологами конкретной предметной области.

Разработанный генератор — и есть средство проектирования технологических процессов изготовления изделий на основе их параметров и знаний технолога.

Область применения генератора практически не ограничена. Это может быть корпусообрабатывающее, токарно-фрезерное, сборочно-сварочное или малярное производство, т. е. любое производство, технологический процесс которого выражается последовательностью операций. Это первое условие. Второе — структура изделия, получаемого в данном производстве, должна быть представлена в виде набора параметризованных особенностей.

Особенность изделия — это свойство, требующее специального технологического исполнения и характеризующееся набором параметров. Примером особенности листовой детали может быть ее форма (параметры: длина, ширина, толщина, форма контура). Другой пример — фаска кромки детали (параметры: длина и угол). Представление изделия как набора особенностей выражает точку зрения на изделие технолога.

Структура изделии. Итак, изделие должно быть представимо в виде набора особенностей с параметрами. Каждая особенность изделия имеет следующие характеристики: тип, номер, параметры.

Тип особенности — это ее уникальное имя, отличающее ее от других особенностей изделия. Примеры — форма детали, фаска кромки детали, отверстие.

Номер — это номер особенности конкретного типа. Предполагается, что может быть несколько особенностей одного типа (например, несколько фасок).

Каждая особенность имеет свой набор параметров, которые могут быть числовыми или текстовыми. Для числового параметра может быть задан диапазон значений, для текстового — список возможных значений. Структура изделия фиксируется в справочнике технологических параметров (рис. 1).

Описание знаний технолога. Как связать параметры изделия с последовательностью технологических операций, необходимой для изготовления изделия? Можно описать типовые изделия посредством набора ограничений на параметры особенностей и затем с каждым типовым изделием связать свой типовой технологический процесс. Однако рабочий технологический процесс конкретного изделия будет отличаться от типового, и потребуется ручная «доводка» последнего.

В настоящей работе вместо использования типовых технологических процессов предполагается сразу получать рабочий технологический процесс для конкретного изделия на основе параметров изделия и представления знаний технолога.

Как рассуждает технолог, разрабатывая технологический процесс для конкрет-

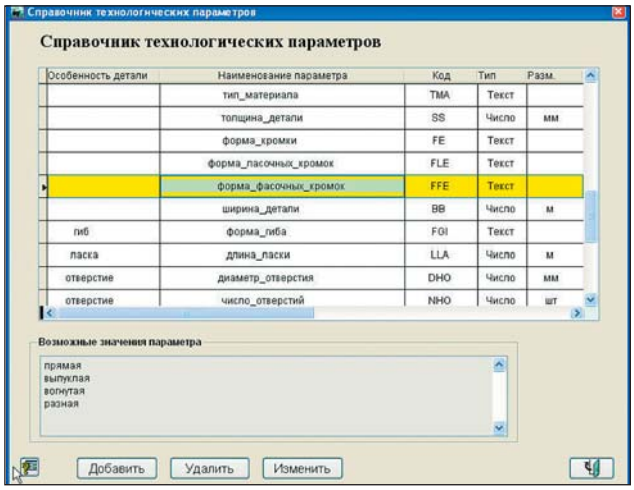


Рис. 1. **Справочник технологических параметров**

Рис. 2. **Часть дерева обработки корпусных деталей:** — абстрактные фрагменты технологии; — физические фрагменты технологии; — связки между фрагментами

ного изделия? Задача технолога — правильно выбрать оборудование для реализации особенностей изделия и определить правильный порядок применения различных видов оборудования. Технолог рассуждает «сверху вниз», намечая укрупненные фрагменты технологии и фиксируя порядок их исполнения. Затем каждый из укрупненных фрагментов уточняется, т. е. заменяется более детальными фрагментами. Процесс уточнения идет до тех пор, пока фрагмент не становится физической операцией, выполняемой на конкретном оборудовании. В результате этих действий получается рабочий технологический процесс конкретного изделия, созданный на основе параметров изделия и знаний технолога.

Основным понятием базы знаний технолога, описывающим элементарное суждение технолога, является понятие фрагмента технологии, который описывает элементарное действие, выполняемое с изделием. Действие это может быть как абстрактным (мыслимым), так и физическим. Пример абстрактного фрагмента технологии — изготовление листовой детали, физического — резка детали на гильотине. Абстрактный фрагмент технологии подлежит обязательной конкретизации другими фрагментами, физический — описывается технологической операцией на конкретном оборудовании.

Фрагмент технологии имеет следующую структуру: имя, входное условие применимости, тип связи фрагмента с потомками, список имен потомков (порядок следования важен!).

База знаний технолога представляет собой дерево, «сшитое» из фрагментов технологии.

На рис. 2 представлена часть дерева знаний технолога по обработке деталей судна, строящегося ОАО «Окская судоверфь».

Абстрактные и физические фрагменты технологии, связки между ними помечены соответствующими пиктограммами. Связки могут быть трех типов: <и>, <или>, <подсписок>. Если фрагмент связан с потомками связкой <и>, то он конкретизируется всеми своими потомками, если связкой <или>, он конкретизируется каким-то одним из своих потомков. Связка <подсписок> представляет собой особый вид, когда фрагмент конкретизируется только теми своими потомками, входные условия которых выполняются.

Каждый фрагмент технологии имеет входное условие его применимости. Условие представляет собой логическое выражение, операнды которого — параметры особенностей изделия. Пример условия применимости фрагмента:

LL > 1000 And LL / BB > 5,

где LL — длина изделия; BB — ширина изделия.

Поскольку особенностей одного типа в изделии может быть несколько, условие применимости фрагмента может содержать кванторы всеобщности и существования, говорящие о необходимости выполнения условия для всех или хотя бы одной особенности указанного типа. Пример: Exists «фаска»: Lfas > 1000, что означает: «в изделии существует фаска, длина которой более 1000».

Отладка базы знаний технолога — дело непростое. Гарантировать правильность базы знаний помогут такие специальные средства, как библиотека тестовых изделий и система объяснения сгенерированного тестового маршрута.

Генератор технологического процесса для конкретного изделия. Пусть база знаний технолога наполнена и отлажена и параметры особенностей изделия определены. Теперь для получения рабочего технологического процесса изготовления изделия необходима программа — генератор технологического процесса.

Генератор начинает работу с объявления технологического процесса корневым фрагментом технологии дерева знаний (на рис. 2 это — «Обработка корпусной детали»). Затем этот единственный фрагмент конкретизируется, т. е. заменяется его потомками согласно логической связи с ними. В технологический процесс включается только тот фрагмент технологии, входные условия применения которого выполнены.

Генератор технологического процесса должен уметь: работать со списками, выполнять рекурсивные процедуры, оценивать логические выражения, выполнять конкретизацию фрагмента технологии его потомками, выполнять откат вверх по дереву знаний в случае невыполнимости фрагмента технологии.

По-видимому, лучшим языком для реализации генератора является ПРОЛОГ, имеющий в своем арсенале такие замечательные возмож-

ности, как механизм возврата, сопоставление с образцом, работа со списками, рекурсивность.

Первая промышленная реализация изложенной схемы, работающая в настоящее время в ОАО «СЗ "Северная верфь"» и ОАО «Окская судоверфь», была выполнена на языке PDC PROLOG в 1996 г. Однако для генератора подойдет и любой другой язык программирования, поддерживающий если не списки, то динамические массивы.

Практическая реализация схемы осуществлена в виде модуля «Технология», входящего в состав системы технологической подготовки производства «Ритм-Судно», разработанной ФГУП ЦНИИТС. Модуль обеспечивает генерирование технологических процессов производства листовых и профильных деталей корпуса судна.

В модуль «Технология» входят: справочник технологических параметров, справочник технологических операций, справочник типовых маршрутов, справочник оборудования, база знаний технолога с библиотекой тестовых изделий и системой объяснения сгенерированного маршрута, генератор технологических процессов, редактор технологических процессов.

Справочник типовых маршрутов необходим для опознания типовых маршрутов в автоматически генерируемых рабочих технологических процессах. Редактор технологических процессов востребован при проектировании нестандартных технологий.

Модуль «Технология» реализован на языке FoxPro 8.0. Все данные хранятся в DBF-таблицах.

Исходную информацию о параметрах деталей предоставляет модуль «Деталь» системы «Ритм-Судно». Этот же модуль обеспечивает выпуск технолого-нормировочных карт для полученных технологических процессов.

Перспективы. В 2005 г. предполагается применить модуль «Технология» для проектирования технологических процессов корпусообрабатывающего производства нескольких судостроительных верфей. В дальнейшем планируется отработка схемы для сборочно-сварочного производства в судостроении.

Литература

PDC PROLOG version 3.20 Professional User'sGuide — документация фирмы PDC.
Осуга С. Обработка знаний. М.: Мир, 1989.
Автоматизированная система «Ритм-Судно» www.crist.ru/services/soft

НОВАЯ КНИГА «КОММЕРЧЕСКИЙ ФЛОТ РОССИИ»

Агентство «Марин-Пресс» и редакция журнала «Морской флот» предлагают вниманию читателей первую книгу «Коммерческий флот России. Страницы истории» трехтомного издания «Русское судоходство. История и современность». В книге рассматриваются этапы зарождения, становления и развития торгового флота страны, его роль в решении общегосударственных задач, в частности, внешней торговли. На основе многочисленных первоисточников (Полный свод законов Российской империи, постановления законодательного характера, документы Отдела торговых портов и Отдела торгового мореплавания Министерства торговли и промышленности России), научной и мемуарной литературы, материалов профессиональной прессы впервые в России рассматривается история отечественного торгового флота — от его создания до наших дней. Особое внимание уделяется анализу проблемы, актуальной и по сей день: отставанию российского торгового флота от флотов крупнейших мировых морских держав.

Летопись российского торгового флота рассматривается как часть истории мирового морского судоходства. Исследуется деятельность коммерческого флота трех периодов: Российской империи, советского и современной России.

У истоков становления отечественного морского коммерческого флота в XVIII веке находились два выдающихся государственных деятеля — Петр I и Екатерина II, которые много сделали для развития торгового судоходства.

Со второй половины XIX столетия, когда капиталистическая Россия активно выходила на мировой рынок, одной из главных задач российского правительства стало интенсивное развитие торгового флота. Как известно, радикальные преобразования в стране после буржуазных реформ 60—70-х годов XIX века объективно требовали развития внешней торговли, укрепления позиции России в международных перевозках. Стала актуальной модернизация коммерческого флота. Однако проблема технического отставания русского судоходства от зарубежного плавно перекочевала в XX век. Издание журналов «Русское судоходство» и «Мореплавание и судоходство» содействовало ее решению. В журналах отражалось существующее положение флота, привлекалось внимание правительства и общественности к этой проблеме.

Преодоление значительного отставания России в торговом судоходстве было одной из главных задач в деятельности Императорского общества для содействия русскому торговому мореходству, образованного в 1873 г. Общество, по замыслу его учредителей, должно было выполнять функции связующего звена между правительством, с одной стороны, и деловыми кругами, предпринимателями, купцами, общественностью — с другой. Оно способствовало пробуждению русского самосознания, подъему морского престижа России и, главное, развитию отечественного коммерческого флота, находящегося под покровительством августейшего семейства в лице двух его представителей — великих князей Константина Николаевича и Александра Михайловича Романовых. В течение первых 10 лет существования Общества российская прогрессивная общественность проявляла повышенный интерес к насущным проблемам коммерческого флота страны. Тем не менее он явно уступал западным морским державам по числу судов, техническому оснащению, тоннажу, объему перевозок.

Важным этапом в истории российского морского торгового флота стал советский период, когда были предприняты энергичные меры для его динамичного развития. В СССР коммерческий флот, являясь одним из основных факторов, влиявших на развитие национальной экономики и внешней торговли, был мощным, независимым и соответствовал рангу страны как великой державы.

Существенный вклад в развитие торгового флота был внесен в 70—80-е годы XX века, что способствовало значительному укреплению внешнеэкономических связей страны. В этот период советский торговый флот занимал 5-е место в мировом судоходстве по дедвейту, в его составе было более 1800 транспортных судов (и ежегодно тоннаж пополнялся более чем на 1 млн т дедвейта), 16 крупных пароходств с развитой инфраструктурой портов, судоремонтные заводы, научно-исследовательские и учебные заведения. Однако после распада СССР торговый флот Российской Федерации оказался в критическом состоянии и лишь в конце 90-х годов XX в. — начале XXI столетия стал возрождаться.

В свете тех актуальных проблем, которые стоят перед российским морским судоходством, читателям первого тома книги «Русское судоходство» предлагается перелистать страницы летописи торгового флота страны — от первых купеческих судов, заложенных Петром Великим в Архангельске, до современных коммерческих. Большое внимание в книге уделено проблеме модернизации отечественного коммерческого флота. Богатый исторический опыт, уроки стратегических ошибок и просчетов в развитии морского торгового судоходства могут оказать помощь в решении актуальных проблем в современных условиях.

Работа автора книги, действительного члена Российской академии транспорта, заслуженного работника транспорта Российской Федерации, главного редактора журнала «Морской флот» Л. М. Гранкова, несомненно, представляет интерес для всех, кто интересуется отечественной морской историей.

М. А. Романовский,
президент Союза российских судовладельцев

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СУДОСТРОЕНИЕ ЯПОНИИ

Согласно «World Shipbuilding Statistics» (Lloyd's Register), мировой портфель новых заказов на транспортные суда в 2003 г. составил рекордную величину: 62 467 000 рег. т. брутто (брт), т.е. на 104,2% больше, чем в 2002 г. (30 595 000 брт). При этом доля Южной Кореи была 46,9% (29 323 000 брт, +200,6% к 2002 г.), Японии — 33% (20 627 000 брт, +59,3%), Китая — 10,5% (6 580 000, +71,3%), Западной Европы — стран-членов Ассоциации западноевропейских судостроителей, AWES — 5% (3 129 000 брт, +93%).

Таким образом, по этому показателю Япония после трех лет лидерства уступила первое место Южной Корее.

По статистическим данным японского правительства, учитывающего суда вместимостью 2500 брт и более (исключая пассажирские), в 2003 г. японские верфи получили заказы на 407 судов суммарной вместимостью 15 980 000 брт (+50,5%). Большая часть из них — 99,3% — экспортные (15 870 000 брт, +58,6%).

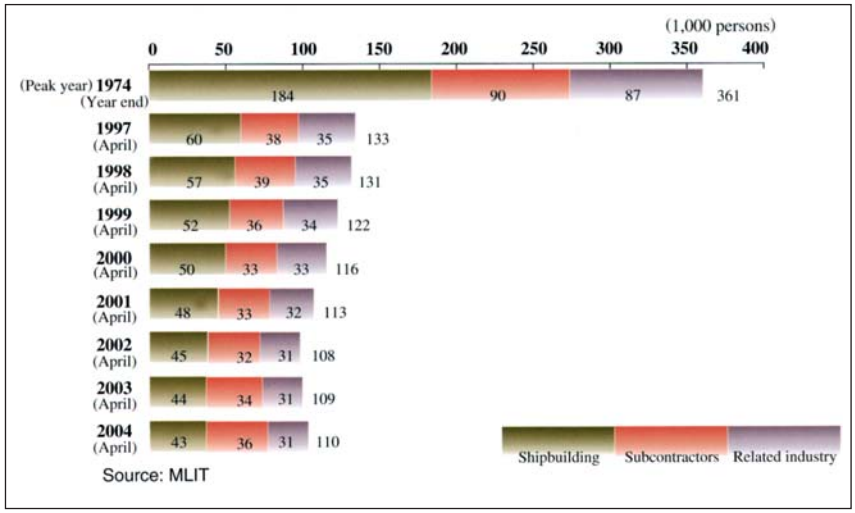
При этом сухогрузы составляли 270 ед. — 9 871 000 брт (+71,1%), а танкеры — 134 ед., 6 059 000 брт (+25,1%). На балкеры пришлось 6 713 000 брт (187 ед.), танкеры для перевозки сырой нефти — 4 536 000 брт (55 ед.), контейнеровозы — 1 907 000 брт (39 ед.), танкеры-продуктовозы — 598 000 брт (21 ед.), газовозы LPG и LNG — 471 000 брт (9 ед.), химовозы — 454 000 брт (49 ед.).

В течение 2003 г. японские верфи заложили 284 судна (10 894 000 брт, –23,1%), спустили на воду 323 судна (12 575 000 брт, +7,3%) и завершили постройку 326 судов (12 786 000 брт, +7,6%). Объем продаж 18 крупнейших судостроительных компаний, входящих в Ассоциацию судостроителей Японии (SAJ), в 2003 финансовом году составил 4885 млрд йен (–23%). При этом на долю судостроения и судоремонта пришлось лишь 1329 млрд йен (показатель такой же, как в 2002 г.); остальное (3556 млрд йен, –29%) — тяжелое машиностроение, общепромышленная продукция и др.

Судоремонт, модернизация и переоборудование судов дали 95 млн йен, в том числе под иностранным флагом — 14 млн йен.

По данным Lloyd's Register вместимость заказанных в первом квартале 2004 г. новых транспортных судов оценивалась в 12 929 000 брт, причем лидировала Южная Корея с 7 213 000 брт (или 55,8%), затем следовали Япония — 3 904 000 брт (30,2%), Западная Европа (AWES) — 671 000 брт (7,6%) и Китай — 554 000 брт (4,3%).

На конец июня 2004 г., с учетом ранее полученных заказов, портфель японских верфей включал в себя 510 судов вместимостью 20 611 000 брт, что на 28,8% больше, чем годом ранее. Из этого количества только девять судов (440 000 брт) будут японскими.



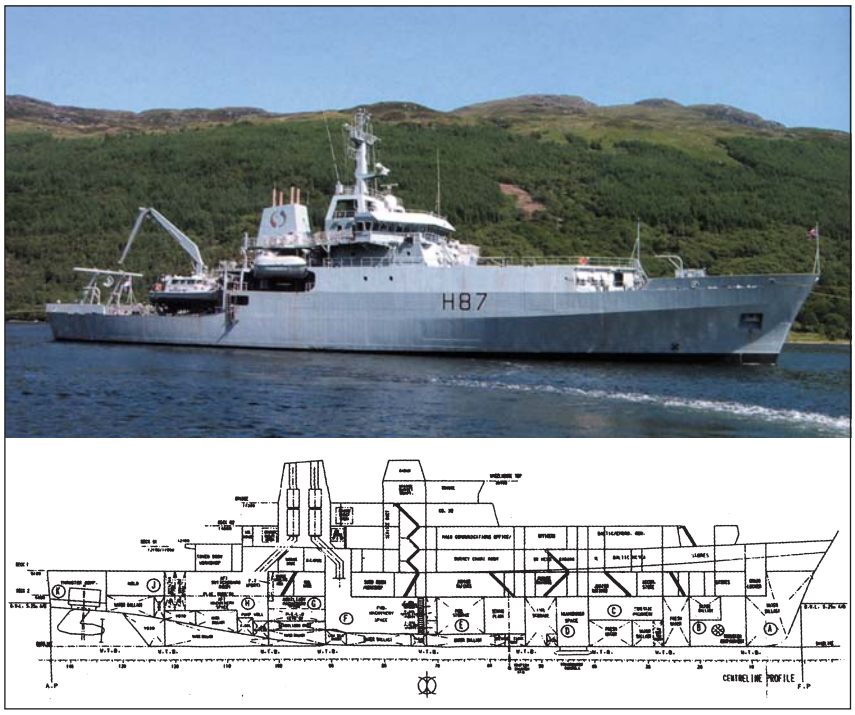
Численность работников в японском судостроении по данным Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT)

В апреле 2004 г. численность работников в японской судостроительной промышленности была 110 000 чел., в том числе непосредственно на верфях — 43 000 чел. Средний возраст работников превышает 40 лет. Наибольшее число занятых в отрасли было в конце 1974 г. — 361 000 чел. (*Shipbuilding in Japan 2004. Japanese Marine Equipment Association. The Shipbuilders' Association of Japan. Japan Ship Exporters' Association. 2004*).

ПОМОЩЬ ПРАВИТЕЛЬСТВА ПОЛЬСКИМ ВЕРФЯМ

2004 г. для польского судостроения по объему производства был достаточно успешным. Портфель заказов на конец сентября 2004 г. включал в себя 93 судна валовой вместимостью 2,8 млн рег. т. (1,9 млн комп. рег. т), суммарным дедвейтом 2,6 млн т и стоимостью 3,3 млрд дол. Это составляло 2,4% от мирового и 16% от европейского тоннажа новых судов. Рост по дедвейту по отношению к сентябрю 2003 г. составил 12%, по тоннажу — 20—22%, по суммарной контрактной цене 31%. Польское судостроение занимало шестое место в мире и второе в Европе.

Тем не менее по финансовым результатам ситуация оказалась не столь радужной по двум основным причинам. Во-первых, учитывая мировую тенденцию, польские металлурги с начала 2004 г. повысили цены на листовую сталь более чем на 100%. Во-вторых, обменный курс злотого по отношению к американскому доллару изменился в неблагоприятную сто-



«HMS Enterprise» — корабль Королевских ВМС Великобритании, оснащенный пропульсивным комплексом из двух винторулевых установок типа Azipod (Significant Small Ships of 2003)

рону для экспортеров: если в мае 2004 г. один доллар обменивался на 4,3 злотых, то в конце января 2005 г. — на 3,1 злотых. Поскольку польское судостроение 96% своей продукции поставляет на экспорт, около 90% контрактов оценивается в долларах, а примерно 70% издержек должно покрываться злотыми, то фактические доходы существенно снизились. Это можно проиллюстрировать, сравнив цену универсального сухогруза проекта B587, который в 2000 г. стоил 30,7 млн дол. и верфь получала 140 млн злотых, а в 2004 г., несмотря на повышение контрактной цены до 36 млн дол., верфь получала 128 млн злотых, что на 12 млн меньше. В связи с этим, польское правительство окажет финансовую помощь верфям страны, компенсируя 6% контрактной цены на контейнеровозы, танкеры-химовозы, газовозы и танкеры для перевозки нефтепродуктов по контрактам, заключенным до конца марта 2005 г. В 2005—2007 гг. субсидирование польских верфей со стороны правительства составит 370 млн злотых (120 млн дол.). В то же время доход бюджета от судостроительной промышленности в этот период оценивается в 900 млн злотых. (*Schiff&Hafen. 2005. No 3. S. 33, 35—37*).

СОКРАЩЕНИЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ В США

Наблюдающееся в последние годы сокращение флота ВМС США и заказов на новые корабли ускорится в 2005 г. по мнению Синтии Браун — президента Американской судостроительной ассоциации. Если в 2000 г. флот состоял из 341 ед., то к началу 2005 г. он сократился до 289 ед. Хотя в 2001 г. департамент обороны утверждал, что для США необходим флот, включающий в себя не менее 310 кораблей, судостроительные планы и выделяемые бюджетные ассигнования, видимо, позволят в будущем иметь только 180 кораблей при ежегодном сокращении флота примерно на 10 ед.

В отсутствии четкой политики в отношении флота со стороны правительства, кораблестроительные программы и выделяемые на них средства постоянно подвергаются изменениям, что не позволяет судостроительной промышленности планировать на перспективу загрузку производственных мощностей, определять стоимость работ и численность рабочей силы.

С учетом реального финансирования в 2006 г., текущий шестилетний план кораблестроения может существенно измениться по сравнению с представленным Конгрессу в 2004 г. Откладывается, по-видимому, постройка авианосца CVN-21, уменьшается число амфибийных кораблей LPD-17 с 12 до 9 ед., откладывается начало создания нового поколения эсминцев (DDX), сокращается общее число строящихся кораблей на 9 ед.; может быть уменьшено число вспомогательных кораблей T-AKE с двух до одного.

На 2006 финансовый год из бюджета намечено выделить 5,2 млрд дол. (меньше половины к 2005 г.) на постройку четырех кораблей: ударной подводной лодки, амфибийного транспортного корабля, вспомогательного корабля и прибрежного боевого корабля.

Если в начале реализации программы строительства ударных атомных подводных лодок (ПЛ) класса «Virginia» ВМС утверждали, что необходимо от 55 до 78 подобных ПЛ, а чтобы добиться этого требуется с 2002 г. закупать по две ПЛ ежегодно, то сейчас эти планы меняются. Сдача двух ПЛ в год может быть обеспечена не ранее 2009 финансового года. С учетом данного обстоятельст-

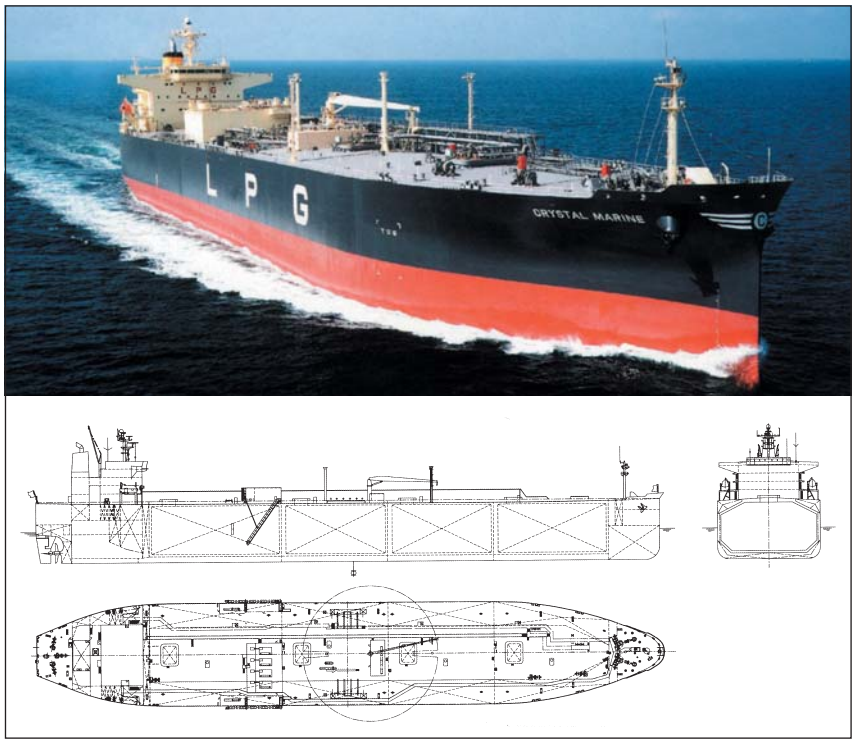
ва количество ударных ПЛ к 2010 г. может сократиться до 33 ед., так как списание устаревших ПЛ опережает поступление на флот новых.

По утверждению Синтии Браун, впервые в истории США сейчас не ведется разработка каких-либо проектов новых ПЛ.

Учитывая реалии финансового плана 2005 г. для ВМС, судостроительная промышленность США, долгие годы ориентировавшаяся, главным образом, на постройку военных кораблей, стоит перед необходимостью сокращения до 70 000 рабочих мест на верфях и в компаниях—поставщиках корабельного оборудования. Резкое сокращение военно-морского бюджета в 2006 г., очевидно, заставит многие компании выйти из судостроительного бизнеса (*Sea Technology. 2005, January, Vol. 46, No 1, P. 45, 46*).

AZIPOD НА КОРАБЛЯХ ВМС ВЕЛИКОБРИТАНИИ

«HMS Echo» и «HMS Enterprise» — первые корабли Королевских ВМС Великобритании, на которых в качестве пропульсивного комплекса использованы полноповоротные винторулевые установки типа Azipod. Корабли построены на английской верфи Appledore Shipbuilders и предназначены для гидрографических и океанографических исследований (со взятием образцов со дна вплоть до глубин 6000 м), оперативной оценки состояния окружающей среды при соответствующих инцидентах на море, обеспечения поддержки амфибийных десантных операций и действий тральщиков по разминированию акваторий. Для проведения исследований применяются буксируемые устройства и стационарные приборы в специальной гондоле под днищем корабля. Многолучевой гидролокатор (Kongsberg Simrad) обеспечивает получение данных с частотой в 120 раз большей, чем однолучевой. Имеются также два гидролокатора KSEA500. Датчики в буксируемых устройствах осуществляют сбор такой информации, как проводимость, температура, наличие микроскопических взвесей в воде вплоть до глубин 500 м. С кормовой А-образной фермы опускаются также в воду для исследований магнетометры, гидролокатор морского дна (Geo-Acoustic Sonar 2094). Собранная информация попадает в



Газовоз «Crystal Marine» с носовой оконечностью SEA-Arrow, разработанной Kawasaki Shipbuilding Corp (Significant Ships of 2003)

Kongsberg Simrad Integrated Survey System.

Корабли имеют размерения 90,6/86 x 16,8 x 9,1/11,85 м, проектную осадку 5,25 м, водоизмещение 3776 т (при осадке 5,5 м), валовую вместимость 3778 рег. т. Энергетическая установка включает в себя три дизеля Ruston 6RK270 мощностью по 1660 кВт, работающие на три генератора ABB AMG 560L8L с параметрами 1882 кВ·А и 1600 кВт. Пропульсивная установка — два Compact Azipod (по 1700 кВт) с ВФШ диаметром 2,85 м и частотой вращения до 270 об/мин — обеспечивает скорость до 15 уз и дальность плавания до 9300 миль. Расход топлива при эксплуатационной скорости 12 уз составляет 8,47 т/сут. Носовое подруливающее устройство фирмы Brunvoll мощностью 500 кВт.

Корабли спроектированы и построены на класс LR +100 A1 Survey Vessel, Ice Class 1C... Экипаж от 67 до 83 чел., число кают — 39.

В соответствии со стандартами ВМС корабли имеют систему контроля повреждений и газонепроницаемую цитадель для защиты от ра-

Сухогруз «Chelsea-3» перед спуском на воду

Кормовая оконечность сухогруза «Chelsea-2»

диоактивных, биологических и химических поражающих факторов. Контракт на постройку двух кораблей этого проекта был подписан 13 июля 2000 г. Головной корабль «HMS Echo» сдан 31 октября 2002 г., «HMS Enterprise» — 12 сентября 2003 г. (*Significant Small Ships of 2003. A Publication of The Royal Institution of Naval Architects. 2004. P. 38, 39*).

«CRYSTAL MARINE» — ГАЗОВОЗ С НОВОЙ НОСОВОЙ ОКОНЕЧНОСТЬЮ

Японская верфь Kawasaki Shipbuilding Corp. (KSC) имеет большой опыт постройки газовозов. На многих из них внедрены новшества, разработанные специалистами KSC с целью уменьшения гидродинамического сопротивления и сокращения энергопотребления. Среди них — специальная бульбовая наделка на руле, контрпропеллер и полунасадка для гребного винта.

«Crystal Marine» — первый газовоз (LPG), построенный KSC для сингапурской компании Kumai Navigation, в котором использована новая форма корпуса, а именно — носовой оконечности, названной SEA-Arrow (Sharp-Entrance-Angle bow as an Arrow). Обычно газовозы имеют портовые ограничения по длине корпуса, поэтому их носовые оконечности часто проектируют с полными обводами, чтобы обеспечить максимальную грузовместимость. Отсюда — увеличенное волновое сопротивление с соответствующими последствиями. Поэтому специалисты KSC предложили применить «острый» вертикальный форштевень без привычного бульба. Как утверждается, это решение позволит экономить от 5 до 10% мощности энергетической установки либо увеличить скорость на 0,3—0,5 уз по сравнению с судном с традиционными обводами.

Размерения судна 227,5/222 x 37,2 x 21 м, осадка 10,58/11,2 м, дедвейт 48 930/53 395 т, валовая вместимость 45 801 рег. т. Главный двигатель — дизель MAN B&W 7S60MC-C мощностью 14 000 кВт при 105 об/мин — обеспечивает эксплуатационную скорость 17 уз. Сжиженный газ (пропан/бутан) перевозится в четырех грузовых танках объемом 80 138 м^3. Контракт на постройку судна был заключен 21 ноября 2000 г., спуск на воду состоялся 24 января 2003 г., передача заказчику — 30 июня 2003 г. (*Significant Ships of 2003. A Publication of The Royal Institution of Naval Architects. 2004. P. 46, 47*).

НОВЫЙ СУХОГРУЗ ИЗ ХЕРСОНА

29 января 2005 г. на Херсонском судостроительном заводе («Херсонсудосервис») состоялась официальная церемония спуска на воду второго в серии сухогрузного теплохода смешанного «река—море» плавания «Chelsea-3» дедвейтом около 5700 т (пр. 005RSD06).

Серия из шести судов строится по заказу компании «Конкорд шиппинг» на класс Российского речного регистра М-СП 3,5 с конвенционными документами Российского морского регистра судоходства. Проект судна разработан Морским Инженерным Бюро (Одесса).

Судно имеет габаритную длину 136,52 м, ширину 16,5 м, дедвейт 5690 т при осадке в море 3,87 м, вместимость четырех грузовых трюмов 9850 м^3, скорость 10,5 уз. При осадке 3,6 м в реке дедвейт составляет 4940 т. Головное судно серии «Chelsea-2» принято в эксплуатацию 21 февраля 2005 г.

VLCC ПРЕВРАЩЕН В ПЛАВДОК

С целью развития китайской судоремонтной верфи Huarun Dadong Dockyard (HDD), которая располагается в выгодной близости к шанхайскому портовому комплексу, в настоящее время реализуется специальная инвестиционная программа. Недавно здесь в течение 10 мес переделали супертанкер для перевозки сырой нефти класса VLCC в ремонтный плавучий док грузоподъемностью 48 000 т. Для этого пришлось обработать около 5000 т стали. Док длиной 340 м и шириной 52 м — крупнейший в шанхайском регионе — провел первое докование в сентябре 2004 г. Он сможет использоваться для балкеров класса Capesize и контейнеровозов класса post-Panamax.

В марте 2005 г. планировалось ввести в эксплуатацию после ремонта и переоборудования второй плавучий док, имеющий длину 195 м, ширину 36 м и грузоподъемность 16 000 т, для докования судов класса Handymax. Строится также ремонтный причал длиной 600 м, который будет оборудован двумя кранами грузоподъемностью по 45 т и одним, рассчитанным на 63 т. В новых цехах будет осуществляться обработка стали и окраска конструкций. За 8 мес 2004 г. на верфи отремонтировано 57 судов — в основном балкеры и контейнеровозы. Большой объем работ выполнен на российском сухогрузе «Сормовский-58» (*Shiprepair and Conversion Technology. 2004. 4th Quarter. P. 4*).

Подготовил А. Н. Хаустов

ГОСУДАРСТВЕННОМУ НАУЧНОМУ ЦЕНТРУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФГУП ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР» 60 ЛЕТ

60 лет назад, 13 июня 1945 г., в Ленинграде был учрежден филиал СКБ судостроительной промышленности. Руководители филиала В. М. Грибов и С. Ф. Фармаковский смогли собрать лишь немногих работников военно-морской части ленинградского завода «Электроприбор», которая до войны была крупнейшим в стране предприятием морского приборостроения, насчитывавшим более 800 человек.

В. М. Грибов — директор предприятия с 1945 по 1977 г.

Здесь в 30-е годы была разработана и производилась серия приборов управления стрельбой корабельной, береговой и зенитной артиллерии. Главным достижением стало создание первых отечественных гироскопических приборов для флота и авиации. Научными консультантами работали академик А. Н. Крылов, профессора Б. И. Кудревич и С. А. Изенбек.

Война прервала развитие предприятия. Часть сотрудников ушла на фронт в ополчение и на обслуживание техники боевых кораблей на флотах. Другие были эвакуированы в Москву, где уже с 1939 г. работали электроприборовцы, и в Свердловск, где организовывался новый завод гироскопических приборов. Оставшиеся в блокадном городе работали по мере сил на фронт.

После войны вернулись немногие, и строить предприятие пришлось практически заново. Но уже в 40-е годы на флот начали поступать новые приборы управления стрельбой и стали разрабатываться гироскопические приборы нового поколения.

В 1949 г. предприятие было преобразовано в самостоятельный научно-исследовательский институт (НИИ-303, впоследствии ЦНИИ «Электроприбор»).

50-е годы принесли изменение тематики предприятия. Нужно было создать морские навигационные комплексы для строящихся подводных лодок океанской зоны. Актуальность этой задачи резко возросла, когда началось проектирование атомной подводной лодки (АПЛ). Навигационный комплекс для нее разрабатывался и в Москве, и в Ленинграде.

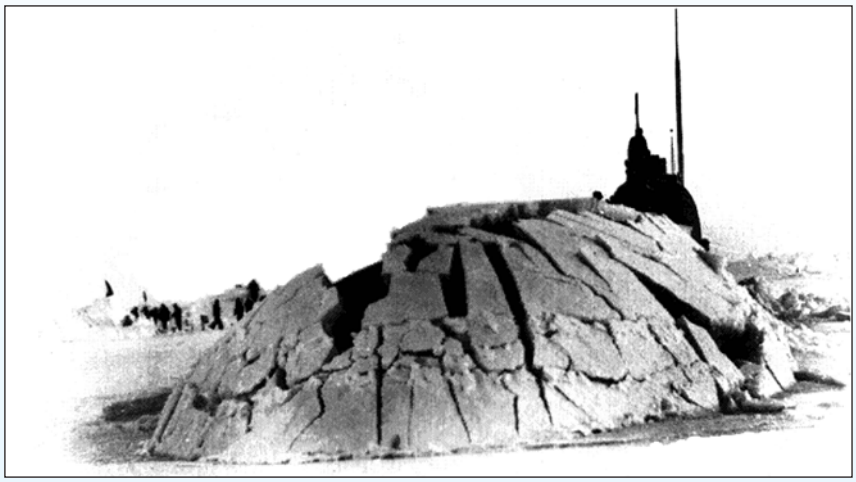
Комплекс соединял в себе три вида гироскопических приборов: гирокомпас, гироазимут и гировертикаль. Разработанные институтом навигационные комплексы «Сила-Н» и «Сигма» обеспечили плавание кораблей на всех акваториях Мирового океана, в том числе первые походы отечественных АПЛ к Северному географическому полюсу (с 1962 г.), первые подледные переходы подводных лодок с Северного флота на Тихоокеанский (с 1964 г.), групповой кругосветный переход без всплытий двух АПЛ (1966). Было обеспечено использование всех видов оружия подводных лодок, включая стратегическое.

В 60-е и начале 70-х годов все строящиеся в стране АПЛ, дизель-электрические подводные лодки (ДЭПЛ) дальней морской зоны и крупные надводные корабли — космические командно-измерительные комплексы — оснащались навигационными комплексами ЦНИИ «Электроприбор» (всего 47 проектов кораблей).

С середины 60-х годов широко развернулись работы по созданию второго поколения морских навигационных комплексов, ядро которых должны были составить инерциальные навигационные системы (ИНС). ЦНИИ «Электроприбор» решал задачу по классической схеме: разрабатывался новый гироскоп, который должен был быть на порядок точнее гироскопов предыдущего поколения, и с некоторым отступлением во времени — ИНС и навигационный комплекс. Это был трудный путь продолжительностью более 10 лет.

С. Ф. Фармаковский — первый заместитель директора предприятия с 1945 по 1978 г., с 1978 по 1996 г. — научный консультант

Тем временем вновь созданный московский ЦНИИ «Дельфин» пошел другим путем. Используя лучший для того времени гироскоп (поплавковый), он разработал первую морскую ИНС, компенсируя недостаток точности гироскопа периодическим использованием гидроакустического (абсолютного) лага. Это значительно улучшило навигационное обеспечение морского оружия, и в 70-е годы навигационный комплекс второго поколения «Тобол» и его модификации поставлялись на АПЛ стратегического назначения. В эти же годы на крупные надводные корабли (прежде всего авианосцы) начало поставки навигационных комплексов первого поколения



АПЛ на Северном полюсе

вновь созданное НПО «Норд» (г. Баку).

ЦНИИ «Электроприбор» смог разработать новый гироскоп со сферическим ротором (с аэродинамической опорой) к середине 70-х годов. ИНС «Стрелец» на его основе стала ядром навигационного комплекса второго поколения «Медведица», который начал поставляться с 1977 г. на многоцелевые АПЛ трех новых проектов и на тяжелые атомные ракетные крейсеры (навигационный комплекс «Андромеда»). Помимо разработки гироскопа и акселерометра, были решены задачи перехода от аналоговой вычислительной техники к цифровой и от редукторных следящих систем к безредукторным. В состав комплексов были введены радио- и акустические навигационные системы нового поколения и впервые — спутниковые навигационные системы. В это же время ЦНИИ «Электроприбор» были созданы перископные радиоастрооптические навигационные системы (РАНК), не имевшие аналогов в мире, которые вошли в состав навигационных комплексов ЦНИИ «Электроприбор» и ЦНИИ «Дельфин».

Однако главная задача — радикальное повышение точности гироскопов — была решена только в конце 70-х годов. Принципиально новый неуправляемый гироскоп с электростатическим подвесом сферического ротора (ЭСГ) был создан на основе технических решений, защищенных 130 авторскими свидетельствами на изобретения. Среди 290 технологических процессов, составляющих технологию его изготовления, около половины — уникальные, в разработке которых помимо ЦНИИ «Электроприбор» участвовали 28 специализированных институтов. Для производства гироскопов был построен филиал института в Гатчине. На базе ЭСГ разработан высокоточный инерциальный корректор геометрического типа «Скандий», также не имеющий отечественных аналогов. В целом был создан навигационный комплекс третьего поколения «Симфония», не уступающий лучшим зарубежным образцам.

В 80-е годы модификации этого комплекса поставлялись на АПЛ четырех проектов и надводные корабли двух проектов.

В настоящее время и на обозримое будущее эти комплексы эффективно решают задачи навигационного обеспечения и имеют большой ресурс для модернизации.

Реформы начала 90-х годов практически исключили работы по АПЛ и уникальным крупным кораблям. Рухнула основа плана ЦНИИ «Электроприбор». Диверсификация разработок, начатая в инициативном порядке в самом конце 80-х годов в крайне неблагоприятных экономических условиях, еще не принесла серьезных результатов. Работы велись в трех основных направлениях: разработка высокотехнологичной продукции гражданского назначения, расширение спектра разработок морской техники и разработка экспортной продукции. В этой работе были и достижения, и неудачи. Но в целом проблему удалось решить благодаря тому, что был сохранен творческий состав персонала института.

Перископный РАНК

Первые успехи пришли в тех направлениях, в которых институт имел определенные достижения ранее, — в морской гравиметрической технике и ряде других областей применения гироскопической стабилизации: в космическом приборостроении, железнодорожной технике, а также в медицинской технике, точной электромеханике, малой ветроэнергетике. Совокупность этих работ позволяла поддерживать экономику института на минимальном уровне, но не давала шансов на развитие.

Борьба за выживание института продолжалась до середины 1997 г. К этому времени удалось завершить первую крупную разработку — навигационный комплекс «Аппассионата-ЭКМ» для строящихся и ремонтируемых экспортных ДЭПЛ. Этот комплекс отличается от предыдущих разработок института сниженными на порядок массогабаритными характеристиками и энергопотреблением, но имеет точностные характеристики комплексов второго поколения. В дело пошел гироскоп с магнитно-резонансным подвесом сферического ротора (МСГ), который в 60—70-е годы разрабатывался институтом как альтернатива ЭСГ, но не выдержал конкуренции с последним по точности. Компактная конструкция МСГ позволила разработать пригодный для размещения на ДЭПЛ гироориентатор. Приборы управления, вычислительной техники и электропитания также удалось свести к приемлемым массогабаритным характеристикам.

Параллельно завершалась разработка еще одной ИНС — «Ладога-М», которая должна была заменить морально устаревшие системы гироскопической стабилизации надводных кораблей. Использовав тот же конструктив гироориентатора, который входил в состав ком-

Инерциальные навигационные системы «Стрелец», «Скандий» и «Ладога-М»

плекса «Аппассионата-ЭКМ», но создавая ИНС не на МСГ, а на двухстепенном поплавковом гироскопе, применив вычислительную технику из унифицированного ряда «Багет» и прибор электропитания на новой элементной базе, впервые удалось разработать компактную ИНС, решающую задачи и стабилизации, и навигации. Система нашла применение на кораблях, строящихся для ВМФ России и на экспорт, а в последние годы и на кораблях, строящихся за рубежом. Сформирован и выполняется крупный пакет заказов на ИНС «Ладога-М» и ее модификации.

Успешное развитие тематики ИНС «Ладога-М» привело к включению этого изделия в навигационные комплексы подводных лодок. С 2004 г. на ДЭПЛ поставляется комплекс «Аппассионата-ЭКМ.1», который значительно проще своего предшественника в эксплуатации, а следовательно, надежнее.

Новое направление открылось после того, как ЦНИИ «Электроприбор» выиграл тендер на разработку перископного комплекса для подводных лодок. Был спроектирован, изготовлен и начал поставляться заказчикам перископный комплекс «Парус-98», в составе которого впервые в отечественной практике разработана «оптронная мачта», не проникающая в прочный корпус подводной лодки. Комплекс имеет визуальный оптический, оптико-телевизионные (ночного и дневного видения) и тепловизионный каналы. В его состав входят также лазерный дальномер, антенна спутниковой навигации и система обнаружения облучения радиосигналами. По всем техническим и эксплуатационным характеристикам комплекс «Парус-98» не уступает лучшим современным перископным комплексам фирм Великобритании, Германии, США и Франции.

В области морской гравиметрии институт по гранту Миннауки РФ разработал мобильный гравиметр «Чекан-АМ» для съемки гравитационного поля Земли на море как с борта судна, так и с самолета. Сегодня только в трех странах — США, России и Германии — производятся мобильные гравиметры. Опыт эксплуатации гравиметров «Чекан-АМ» убедил ведущие геофизические фирмы Норвегии и Великобритании, а в последние годы и российских морских геофизиков, что он полностью конкурентоспособен с наиболее известным морским гравиметром La Costa & Romberg (США). Спрос на гравиметры «Чекан-АМ» растет.

Головная часть выдвижного универсального перископа (на переднем плане) и головная часть командирского перископа

Значительно возрос объем работ института в области космической техники. Первый отечественный измеритель микроускорений на борту космического аппарата «Синус» нашел применение на аппаратах технологического назначения «Фотон» и создается для российского сегмента Международной космической станции. Разработана новая система ориентации космических аппаратов, которая должна найти широкое применение.

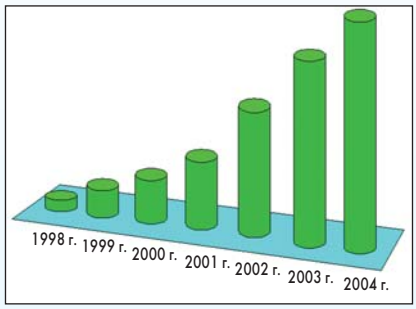
Среди работ в области медицинской техники наиболее значительными являются первый отечественный стереотаксический манипулятор для операций на головном мозге человека (совместно с Институтом мозга человека РАН) и керамический эндопротез тазобедренного сустава человека. Другой вид гражданской продукции—ветроэнергетические установки малой мощности, реализация которых в стране и за рубежом уже приблизилась к 3 тыс. образцов.

Совокупность этих и ряда других разработок обеспечила быстрый рост объема работ института. В сопоставимых ценах выработка на одного работающего превысила дореформенный уровень в 2002 г., а общий объем работ института — в 2004 г. Принципиальной особенностью является то, что более 80% от общего объема составляют собственные работы института. Этого удалось достичь благодаря созданию в составе института трех специализированных, хорошо оснащенных производств. Перевооружены или вновь сформированы 11 производствен-

ных участков. Только для переоснащения механообрабатывающих участков закуплено 82 станка, в том числе 48 импортных прецизионных. В управлении используются современные информационные технологии. По мощности и эффективности производство соответствует высшему уровню современных российских приборостроительных предприятий.

Развитие института основывается на прочном научном фундаменте. Ученые института, а это 27 докторов и 83 кандидата наук, аспиранты и соискатели, ежегодно публикуют около 60—100 научных работ в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, 2—3 монографии, делают не менее 20 докладов на научных конференциях, в том числе зарубежных. Институт регулярно проводит три конференции: международную (с 1994 г.), молодых ученых (с 1999 г.) и памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н. Н. Острякова (с 1956 г.), в каждой из которых участвуют 250—300 чел. и делается 80—100 докладов. На ежегодную международную конференцию приезжают ученые из 20—25 стран, в том числе из всех ведущих стран в области навигации. Конференция памяти Н. Н. Острякова традиционно (раз в два года) собирает участников из стран СНГ. В ежегодной конференции молодых ученых участвуют начинающие ученые из 10—12 городов России. Ведомственный сборник, выпускавшийся с 1944 г., в 1993 г. преобразован в журнал «Гироскопия и навигация», в котором публикуются работы российских и зарубежных авторов. На базе института работает международная общественная организация «Академия навигации и управления движением», объединяющая около 300 ученых из 10 стран, в том числе России, Украины, США, Германии, Франции, Канады, Китая. Научная школа ЦНИИ «Электроприбор» признана в стране и за рубежом.

Важным фактором в развитии института является социальная политика, обеспечивающая стабильное улучшение качества персонала. Составляющими этой политики являются достойная оплата труда, поддержка здоровья сотрудников и условий их жизни, обучение и переподготовка, регулярная ротация за счет ухода на пенсию и приема молодых специалистов. Особенностью оплаты труда в институте наряду с относительно высокими заработками (по отрасли и в городе) является то, что минимальная оплата труда составляет не менее двух прожиточных минимумов, а децильный фактор (отношение средней зарплаты 10% самых высокооплачиваемых сотрудников к средней зарплате 10% самых низкооплачиваемых) равен 6, что в 2,5 раза ниже, чем в целом по стране. Этим обеспечивается добросовестное, заинтересованное отношение к своей работе всех категорий сотрудников. Поддержка здоровья сотрудников основывается на добровольном медицинском страховании и поддерживается собственным медицинским центром. На каждой из четырех площадок, занимаемых институтом, действуют тренажерные комплексы и арендуются другие спортивные сооружения. С конца 2003 г. институт проводит программу беспроцентной финансовой поддержки приобретения жилья сотрудниками. К настоящему времени жилищные условия улучшили более 30 сотрудников, главным образом молодые специалисты.



Рост объема работ института

В институте создан Центр профессиональной подготовки, в котором необходимые для работы в институте знания получают студенты профильных кафедр четырех технических университетов. Кроме того, Центр проводит переподготовку не менее 800 инженеров и рабочих ежегодно. Ротация кадров основывается на льготных условиях ухода на пенсию, включающих выходное пособие, негосударственную пенсию и периодическую материальную помощь неработающим ветеранам. В результате число молодых специалистов в возрасте до 30 лет в научно-исследовательских и проектных отделах значительно превзошло число сотрудников пенсионного возраста, и это соотношение продолжает улучшаться.

Свидетельством успешной работы стало награждение института орденом Трудового Красного Знамени (1963) и Октябрьской революции (1984). Более 3500 сотрудников института награждены орденами и медалями, 9 сотрудникам присвоено звание лауреата Ленинской премии, 46 — лауреата Государственной премии СССР, 5 — лауреата Государственной премии РФ, 2 — лауреата премии Правительства РФ. Почетные звания «Заслуженный деятель науки РФ» имеют 7 чел., «Заслуженный изобретатель РФ» — 2 чел., «Заслуженный конструктор» — 5 чел., «Заслуженный метролог» — 1 чел.

Дальнейшее развитие ЦНИИ «Электроприбор» базируется на построении горизонтально интегрированной структуры в области точного приборостроения. Первым шагом стало присоединение к институту КБ «Связьморпроект» в январе 2002 г. Это предприятие, имеющее 70-летнюю историю и уникальный опыт в области корабельных антенн всех видов, стало инженерно-техническим центром (ИТЦ) «Связьморпроект» в составе института. За три года ИТЦ полностью интегрировался в состав института, увеличил объем работ и зарплату сотрудников до среднего в институте уровня и приобрел новые перспективы развития. Во втором квартале 2005 г. завершается интеграция в состав института завода «Азимут—Электроприбор», который уже в 2004 г. две трети работ выполнял по договорам с институтом. На базе завода формируется производственно-технологический комплекс, призванный создать новые мощности для развивающейся тематики института.

В планах института на ближайшее будущее — дальнейшее расширение тематики. Уже проходят испытания новые гироскопические системы для наземной навигации и ориентации. Выполняются две крупные инициативные разработки высокотехнологичных изделий гражданского применения: универсальной забойной телеметрической системы для горизонтального бурения и микромеханических гироскопических измерителей параметров движения.

В. Г. Пешехонов, директор ГНЦ РФ ФГУП ЦНИИ «Электроприбор», академик РАН

ГВАРДЕЙСКИЙ КРЕЙСЕР «КРАСНЫЙ КАВКАЗ»

А. В. Скворцов (ФГУП ЦНИИТС)

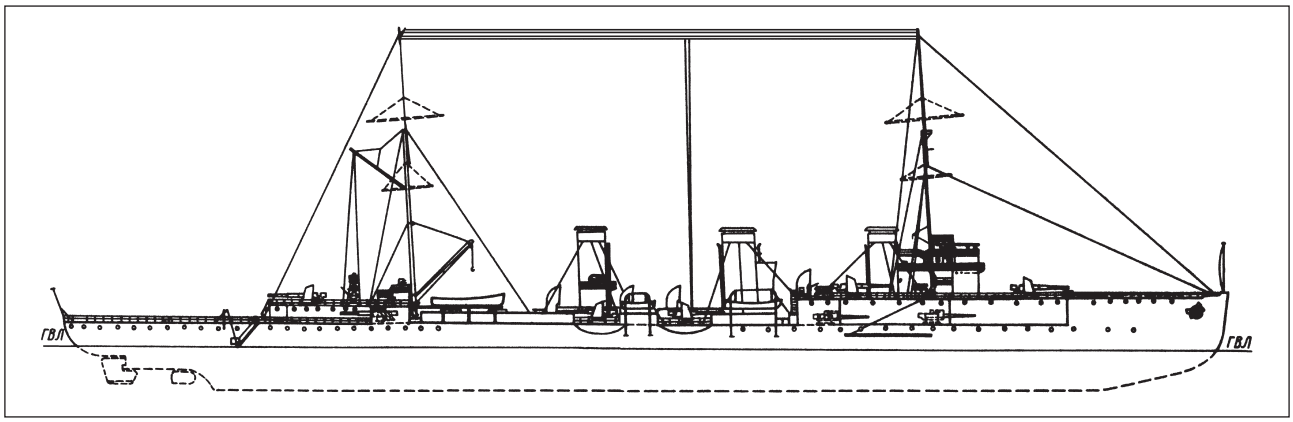
«Красный Кавказ» — крейсер, снискавший себе немеркнущую славу в годы Великой Отечественной войны; крейсер, спасенный от гибели мужеством и умелыми действиями своего экипажа; крейсер, боеспособность которого удалось восстановить в сложнейших условиях благодаря принятию уникального решения о неполном доковании с использованием плавучего дока грузоподъемностью меньшей, чем водоизмещение корабля; первый из советских кораблей, удостоенный почетного звания гвардейского; крейсер, кормовой флаг которого черноморские моряки пронесли на Параде Победы в 1945 г. по Красной площади Москвы перед сводным полком Северного, Балтийского, Черноморского флотов, Днепровской и Дунайской флотилий (в числе пяти флагов наиболее заслуженных кораблей и корабельных соединений советского ВМФ). Уникальность «Красного Кавказа» состояла и в том, что он являлся первенцем советского крейсеростроения, носителем первых советских образцов вооружений, головным кораблем в череде крейсеров качественно более высокого уровня. Именно в ходе его эксплуатации уточнялись тактико-технические требования к будущим серийным крейсерам и вырабатывались оптимальные инженерные решения при разработке проектов.

«Красный Кавказ» (до 14 декабря 1926 г. — «Адмирал Лазарев») входил в число восьми объединенных единым тактическим заданием легких турбинных крейсеров типов «Светлана» и «Адмирал Нахимов» (соответственно по 4 ед. для Балтийского и Черного морей), которые создавались в ходе реализации судостроительной программы 1912—1916 гг. Их задача — несение дозорной и разведывательной службы в составе эскадры, ее охрана от торпедных атак, постановка мин, набеговые операции на коммуникации и порты противника, ведение боя с кораблями противника.

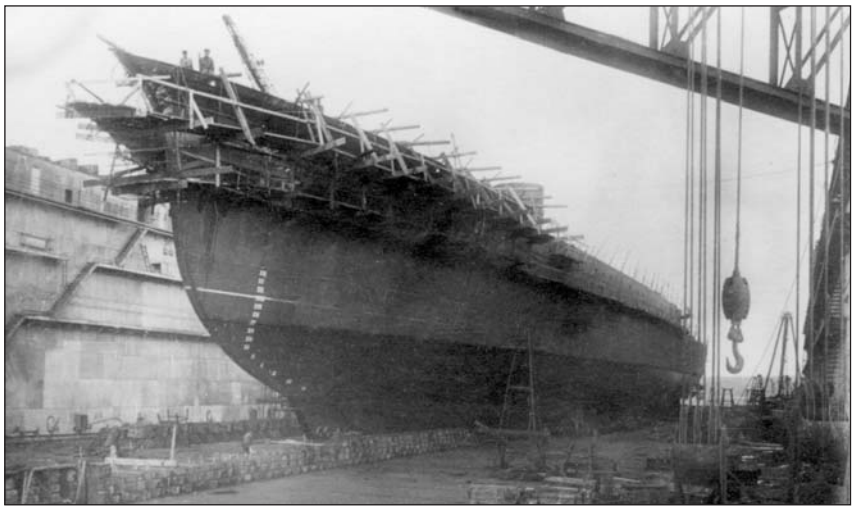
В соответствии с первоначальным проектом крейсер при полном водоизмещении 7663 т, наибольшей длине 166,68, ширине (с броней) 15,71 и осадке 5,58 м вооружался пятнадцатью 130-мм орудиями при побортном палубно-казематном размещении. Предполагалось, что 4-вальная энергетическая установка, оснащенная 14 котлами системы Ярроу со смешанным нефтеугольным отоплением общей паропроизводительностью 350 тыс. кг/ч и четырьмя комбинированными турбинами системы Парсонса суммарной мощностью 55 000 л. с., обеспечит кораблю скорость 29,5 уз. Котлы размещались по два в семи котельных отделениях (37—81 шп.), турбины — в двух носовых (81—92 шп.) и двух кормовых (92—104 шп.) машинных отделениях.

Крейсер заложили 19 октября 1913 г. в Николаеве на заводе Русского судостроительного общества, но полноценные стапельные работы развернулись только в июле следующего года. К концу мая 1916 г. корабль довели до спусковой готовности (47,5%) и 28 мая корпус массой 3600 т попытались спустить на воду. Пройдя по спусковой дорожке 106,7 м и войдя кормой в воду, он остановился; у порога стапеля оказалась переборка 81 шп. Лишь 8 июня, когда вода в реке поднялась на 2 м выше ординара, его объединенными усилиями домкратов и паровозов (через тали) «столкнули» в воду.

Достроечные работы, продлившиеся полтора года, повысили готовность корабля лишь на 7,5% и в январе 1918 г. из-за охватившей страну разрухи прекратились (как и строительство остальных семи кораблей). К этому времени на крейсере навесили броню, погрузили котлы, смонтировали носовую мачту, частично мостики, каютные переборки, шахты и выгородки в котельных отделениях. Крайне низкой оставалась насыщенность корабля вспомогательными механизмами и трубопроводами. Изготовленные в Англии детали турбин успели поступить на завод, но сами турбины еше не были готовы.



Вид сбоку крейсера «Адмирал Лазарев»



Корпус «Красного Кавказа» в доке в период достройки крейсера (эта и остальные фотографии из собрания Н. Н. Афонина)

Решение о возобновлении достройки корабля было принято в 1924 г. (вариант быстроходного «эскадренного заградителя», способного нести 600 мин), но работы так и не начались. Через два года утвердили проект достройки в варианте крейсера, вооруженного восемью 203-мм орудиями, снятыми с балтийских кораблей, отправленных на слом. Но вскоре возникает идея вооружения корабля новейшей 180-мм артиллерией. План такой достройки включается в «Программу строительства Морских сил РККА на 1927/28—1931/32 гг.».

Проект орудия нетрадиционного для нашего флота 180-мм калибра с небывалой до тех пор дальностью стрельбы (более 200 кб) разработал в 1925 г. коллектив КБ ленинградского завода «Большевик» (бывший Обуховский сталелитейный и орудийный завод Морского ведомства). Первому крупнокалиберному морскому орудию советского периода присвоили наименование Б-1 (Б — по первой букве наименования завода-изготовителя). К тому времени во всем мире возобладал башенный, а не палубно-казематный принцип размещения главной артиллерии, причем стала классической линейно-возвышенная схема размещения башен в диаметральной плоскости кораблей. Корабли могли использовать башенные орудия на любой из бортов. Поэтому для Б-1 на Ленинградском металлическом заводе разработали башенную одноорудийную установку МК-1-180 — первую морскую крупнокалиберную установку советского периода.

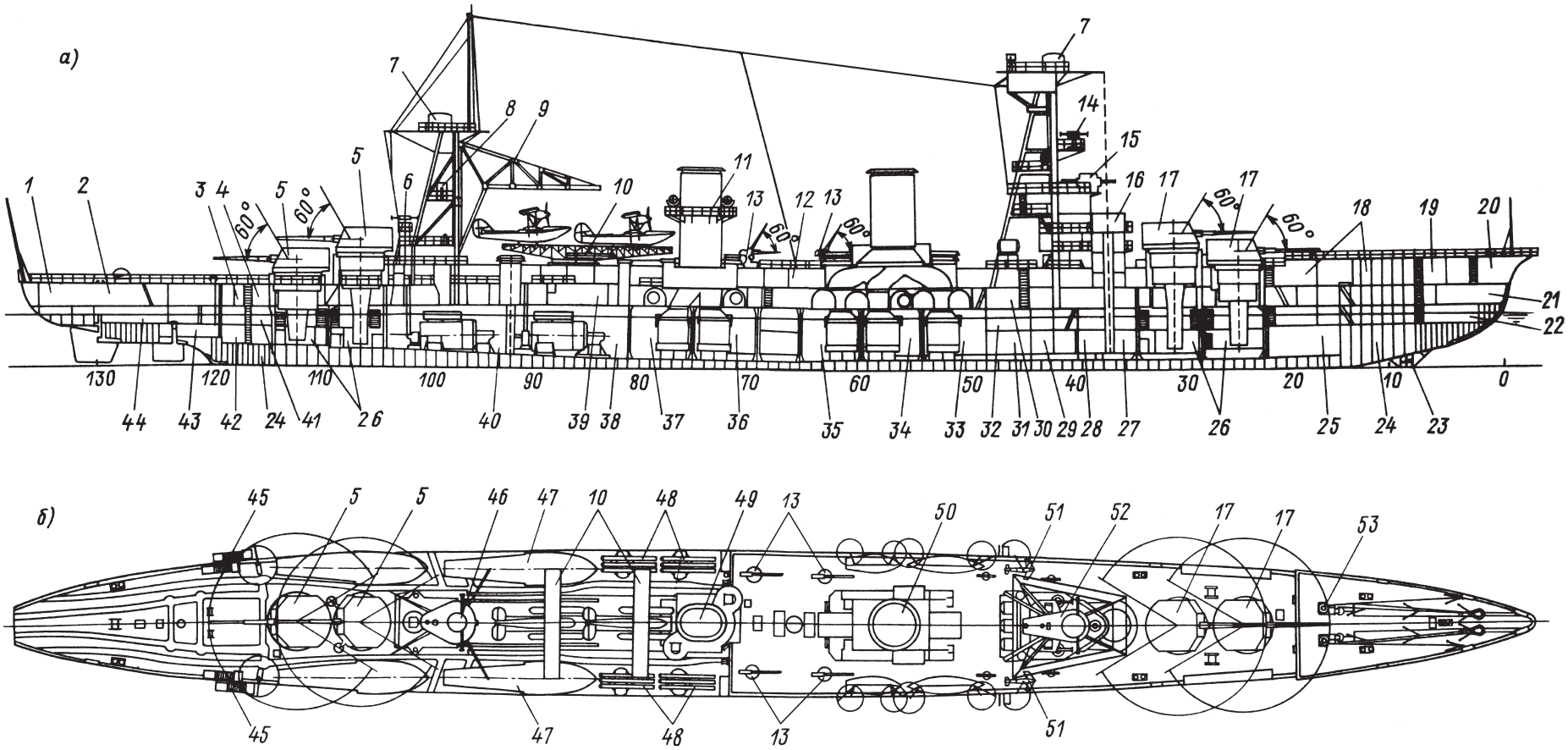
Проект достройки корабля разрабатывался конструкторами судостроительной технической конторы Николаевских государственных заводов имени А. Марти в течение трех лет. Первоначально, в соответствии с техническим заданием, выданным Техническим управлением Военно-Морских Сил, был проработан эскизный вариант с пятью башнями, но выявилось, что массогабаритные параметры корпуса не обеспечивали возможность размещения такого количества орудий. 29 мая 1929 г. проект достройки «Красного Кавказа» с четырьмя башнями утверждает начальник Военно-Морских Сил Р. А. Муклевич.

Для размещения на корабле башенных установок предусмотрели ликвидацию носовых котельных отделений с четырьмя котлами и дымовой трубой над ними (одной из трех изначально предусмотренных) и перенос боевой рубки с фок-мачтой новой трехногой конструкции кормовее. Для сохранения прежней паропроизводительности оставшиеся котлы перевели исключительно на нефтяное отопление, а прежние угольные ямы ликвидировали, как и часть надстройки для кормовых башен и подбашенных погребов. Значительной перепланировке подверглись внутренние помещения, в частности, из-за ликвидации «разбросанных» по кораблю погребов и элеваторов 130-мм боезапаса и «концентрации» всего боезапаса под башнями. Претерпела изменения баковая надстройка: ликвидировали казематы и «сгладили» в бортовых стенках надстройки «изломы», служившие для увеличения секторов ведения огня казематных 130-мм орудий; для повышения мореходности увеличили развал бортов; несколько изменили форму форштевня и на 2,82 м удлинили его в нос; саму надстройку продлили в корму с 50 до 72 шп.

Срок окончания строительства корабля и соответственно начала государственных сдаточных испытаний планировали на 1 мая 1931 г. В начале 1927 г. крейсер, простоявший 11 лет у достроечной стенки, поставили в док для очистки от ржавчины. Полноценные работы начались почти полтора года спустя — в конце мая 1929 г., после утверждения окончательного варианта проекта достройки. В течение последующих 12 мес. выполнили значительный объем демонтажных, ремонтно-восстановительных (с заменой проржавевших деталей) и корпусных работ. Лето 1930 г. «Красный Кавказ» провел в плавучем доке: кроме корпусных работ проверялась водонепроницаемость отсеков, обновлялась арматура.

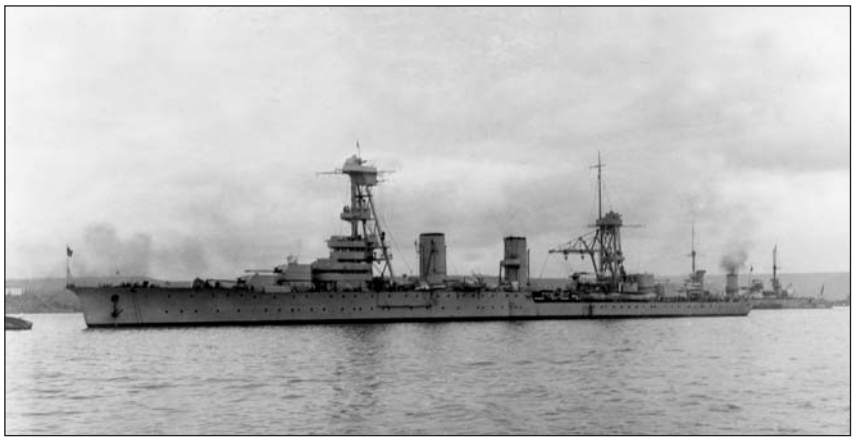
В сентябре приступили к монтажу оборудования, корабельных систем, вооружения, приборов. Вскоре из-за отставания от графика начало сдаточных испытаний перенесли на 15 июня 1931 г. В итоге крейсер впервые вышел в море лишь в конце июля (причем в технической готовности 90%). Заводские ходовые испытания проходили в районе Одессы. Вибрации турбин и перегрева подшипников не наблюдалось. После нескольких попыток удалось достичь частоты вращения роторов турбин 400 об./мин и их мощности 50 200 л. с.

Государственные сдаточные испытания начались 27 августа 1931 г. В их программу входили «прогоны» на мерной миле на скоростях 14, 18, 21, 25, 27, 29 уз; артиллерийские стрельбы (два выстрела из каждого 180-мм орудия, два залпа всем 180-мм калибром и для определения скорострельности — 10 выстрелов одним из 180-мм орудий); торпедные стрельбы; испытания рулей, паравана, подкрепления башен, химзащиты, катапульты и устройства подъема на борт гидросамолета, корабельных пневмопочты и радиотрансляции; определение остойчивости, мореходных качеств, забрызгивания носа и кормы, параметров



Продольный разрез (а) и вид сверху (б) крейсера «Красный Кавказ» пр. 815 (с чертежей, датированных мартом 1929 г.):

1 — салон начальника Морских сил и газоубежище; *2* — коридор; *3* — парикмахерская; *4* — буфет старшего комсостава; *5* — кормовые 180-мм башни; *6* — зенитный однометровый дальномер; *7* — артиллерийский пост; *8* — прожектор; *9* — кран для подъема гидросамолетов и катеров; *10* — катапульта с двумя гидросамолетами; *11* — площадка на кормовой трубе с двумя прожекторами; *12* — радиорубка; *13* — 102-мм зенитные орудия Б-2; *14* — трехметровый дальномер; *15* — шестиметровый дальномер; *16* — боевая рубка; *17* — носовые 180-мм башни; *18* — помещение краснофлотского состава; *19* — плотничная и малярная; *20* — тентовая; *21* — кладовая вещей; *22* — тросовое помещение; *23* — устройство для крепления паравана; *24* — цистерны пресной воды; *25* — кладовая мокрой провизии; *26* — подбашенные отделения; *27* — центральный артпост; *28* — помещение гирокомпаса; *29* — минный погреб; *30* — погреб боеприпасов мелкокалиберной артиллерии; *31* — помещение холодильных машин; *32* — помещение турбодинамо; *33—37* — котельные отделения № 1—5; *38* — носовое турбинное отделение; *39* — помещение испарителей; *40* — кормовое турбинное отделение; *41* — помещение дизель-динамо; *42* — румпельное отделение; *43* и *44* — помещения рулевого устройства малого и большого руля; *45* — трап; *46* — грот-мачта; *47* — катер; *48* — трехтрубные торпедные аппараты; *49* — кормовая труба; *50* — носовая труба; *51* — параван и параван-балка; *52* — фок-мачта; *53* — якорные шпили



«Красный Кавказ» в середине 30-х годов

вибрации мачт и др. Наконец, 25 января 1932 г. — через пять месяцев после начала сдаточных испытаний и через 18 лет после закладки на стапеле — крейсер вошел в состав боевых кораблей флота.

При наибольших длине и ширине 169,5 и 15,71 м (с броней), осадке 5,93 м, водоизмещении 8200 т «Красный Кавказ» имел следующее бронирование: главный бортовой пояс — 75 мм; верхний бортовой пояс — 25 мм; верхняя и нижние палубы — 25—20 мм; траверс на 133 шп. — 75 мм от платформы до нижней палубы и 25 мм от нижней до верхней палубы; лобовые, боковые, задние стенки и крыша башен 180-мм орудий — 20, 25 и 38 мм.

С запасом мазута 930 т дальность плавания корабля была 700 миль при скорости хода 26 уз, а при 14 уз — 1490 миль. Движителями являлись четыре 4-лопастных гребных винта диаметром 2,28 м. Рулевое устройство включало два руля в диаметральной плоскости — большой и малый. Посты управления располагались в ходовой и боевой рубках, центральном посту, малом румпельном отделении, на ходовом мостике. В состав шлюпочного вооружения входили четыре моторных катера, два моторных барказа, два шестивесельных яла. Корпус делился на отсеки 20 водонепроницаемыми переборками. Водоотливная и противопожарные системы имели в своем составе более 40 насосов различных систем суммарной подачей воды более 5000 т/ч.

Боезапас 180-мм орудий Б-1 состоял из 800 снарядов массой 97,5 кг и пороховых зарядов к ним. Угол возвышения стволов достигал 60°, наибольшая дальность стрельбы — 222 кб (41,1 км). Управление огнем артиллерии главного калибра осуществлялось с помощью автомата курсового угла и расстояния и двух (по одному на грот и фор-марсах) командно-дальномерных постов. Для корректировки огня на крейсере смонтировали самолетную катапульту производства германской фирмы Э. Хейнкеля, предназначенную для запуска двухместных гидросамолетов HD55 (отечественное обозначение — КР-1) той же фирмы.

В 1931 г. в качестве зенитных орудий на корабле установили четыре 102-мм орудия Б-2, имевших максимальную дальность стрельбы 90 кб (16,7 км) и практическую скорострельность 4—6 выстр./мин. Но они обладали малым углом возвышения ствола (60°), малыми скоростями вертикального и горизонтального наведения, были неудобны при заряжании на углах возвышения ствола 45° и более. Потому в 1934 г. их заменили закупленными в Италии четырьмя 100-мм универсальными артиллерийскими установками типа «Минизини» (скорострельность 12 выстр./мин, наибольшая дальность стрельбы 118,8 кб (21,6 км), максимальная досягаемость воздушных целей 9,8 км). Впоследствии зенитное вооружение продолжало усиливаться. В 1945 г. «Красный Кавказ» имел шесть 100-мм универсальных артиллерийских установок типа «Минизини», два одноствольных 40-мм автомата «Бофорс»; десять 37-мм автоматических установок 70-К; шесть одноствольных 20-мм автоматов «Эрликон»; четыре (по другим данным шесть) 12,7-мм пулемета ДШК; два 12,7-мм пулемета «Виккерс».

Минно-торпедное и противолодочное вооружение: четыре трехтрубных 450-мм торпедных аппарата, восемь различных бомбометов и бомбосбрасывателей глубинных бомб. На борту находились четыре сменных комплекта противоминных параванов К-1 (по два в комплекте), обеспечивающих отведение затраленных мин от борта корабля на безопасное удаление (30—35 м) и последующее их подсечение. Длина рельс для минных тележек позволяла разместить на верхней палубе 110 гальваноударных мин заграждения КБ (корабельная большая) образца 1940 г.

По окончании строительства «Красный Кавказ» становится флагманским кораблем бригады крейсеров Черноморского флота. Девять предвоенных лет он принимал участие в различных учениях. Его технику, совершенную для тех лет, осваивали матросы срочной службы и курсанты военно-морских училищ. Крейсер посещали высшие должностные лица страны, как наиболее совершенный боевой корабль советского флота его показывали зарубежным делегациям.

17 октября 1933 г. отряд кораблей в составе крейсера «Красный Кавказ», эскадренных миноносцев «Петровский» и «Шаумян» покинул Севастополь и взял курс на пролив Босфор, с тем чтобы с официальным визитом посетить порты Средиземного моря. Корабли побывали в Стамбуле, Пирее, Неаполе. В Италии группа из 20 командиров (в том числе старший офицер крейсера «Красный Кавказ» Н. Г. Кузнецов — будущий нарком ВМФ) и три аккредитованных в этой стране советских журналиста посетили на острове Капри А. М. Горького. Ранним утром 7 ноября корабли, пройдя за время похода 2600 миль, вернулись в Севастополь и заняли свои места в праздничном парадном строю. Это был единственный заграничный поход «Красного Кавказа».

Начало Великой Отечественной войны застало «Красный Кавказ» в Севастополе[1]. С 23 июня 1941 г. в течение месяца силами флота на подходах к главной базе выставлялись минные заграждения.

[1]Командиром корабля был в этот период капитан 2-го ранга (с 2 марта 1942 г. — капитан 1-го ранга) А. М. Гущин, с 6 ноября 1942 г. командиром корабля стал капитан 2-го ранга В. Н. Ерошенко.

Только 23 и 24 июня крейсер выставил 110 и 90 мин. Впервые «Красный Кавказ» применил против врага свою главную артиллерию почти через три месяца после начала войны — 11 сентября, заняв огневую позицию между Аркадией и Большим Фонтаном Одессы. В этот день корабль выпустил по противнику, находившемуся в районе Южного сектора обороны, 27, а на следующий день — 58 180-мм снарядов.

Еще трижды за годы войны крейсер, покидая Севастополь, брал курс на Одессу. Так, в ночь на 22 сентября отряд кораблей в составе крейсеров «Красный Кавказ» и «Красный Крым», эскадренных миноносцев «Бойкий» и «Безупречный» осуществил высадку морских пехотинцев в тыл противника в районе Григорьевки. На борту «Красного Кавказа» находилось 696 десантников. Оказывая им поддержку, корабли вели огонь по берегу. 4 октября крейсер пришел в Одессу и вывез из нее в Севастополь около 1000 чел. В ночь на 16 октября прошла эвакуация личного состава всех четырех оборонявших Одессу дивизий (35 тыс. чел.), которую осуществили два крейсера, два минных заградителя, четыре эсминца, пять тральщиков, два гидрографических судна, один сторожевой корабль, более десятка сторожевых катеров, 11 транспортов. На борту «Красного Кавказа» Одессу покинули 1180 чел.

В конце октября германские войска прорвались в Крым и вскоре блокировали Севастополь. В период с 26 октября по 17 декабря «Красный Кавказ» шесть раз приходил в Севастополь, перевез (в обоих направлениях) 7277 чел. личного состава армейских и флотских частей, раненых, жителей города, 73 машины, 70 орудий, 8 минометов, 17 вагонов боеприпасов, 10 вагонов продовольствия (израсходовал 174 180-мм снаряда).

В ночь на 29 декабря крейсеры «Красный Кавказ» и «Красный Крым», эскадренные миноносцы «Шаумян», «Незаможник» и «Железняков» десантировали личный состав трех стрелковых полков в оккупированную немцами Феодосию — прямо на причалы и мол феодосийского порта. Только «Красный Кавказ» доставил вболее 1500 чел. За время высадки десанта в крейсер попало 15 минометных мин

Гвардейский крейсер «Красный Кавказ» в годы войны

и снарядов, что привело к гибели 27 и ранению 66 чел. Самым опасным было попадание 15-см снаряда во вторую башню. С возгоранием, возникшим в боевом отделении, удалось справиться за 9 мин благодаря мужественным действиям экипажа.

4 января 1942 г. «Красный Кавказ» доставил в Феодосию отдельный зенитный дивизион: 12 85-мм орудий, 1200 бойцов, 10 грузовых машин, два трактора-тягача, 1700 ящиков с боеприпасами. В минуты завершения разгрузки на неподвижно стоящий у причала крейсер спикировали шесть бомбардировщиков Ju-87. В результате близких разрывов авиабомб корпус корабля получил множественные повреждения и деформации (особенно в кормовой части). Не работали носовой компас и гирокомпас, радио и телефонная связь, большой и малый рули. С фундаментов сорвало два зенитных орудия, оторвало гребной вал с гребным винтом и кронштейном. Вода затопила пространство под нижней палубой от транца до 104-го шп., а также помещения, расположенные на нижней палубе (салон командира корабля, кают-компанию, каюты командирского состава). При этом крен на правый борт составил 2,3°, а дифферент на корму 5,14 м (осадка носом — 4,29, кормой — 9,68 м). Корабль, приняв в кормовые отсеки 1700 т воды, потерял до 30% запаса плавучести. Задействовать можно было восемь котлов и две носовые турбины, которые могли обеспечить ход не более 14 уз, причем правая турбина по мере нарастания оборотов начинала все более и более вибрировать, а верхняя палуба при движении корабля погружалась в воду вплоть до 125 шп.

В сложившейся ситуации командир крейсера капитан 2-го ранга А. М. Гущин принял решение своим ходом перейти в Тупасе, а все силы и средства борьбы за живучесть корабля сосредоточить в корме, чтобы избежать опасного распространения воды за 104 шп. в помещения кормовых турбин. Непосредственное руководство действиями личного состава в кормовой части корабля взял на себя командир БЧ-5 инженер-капитан 3-го ранга Г. И. Купец. Находясь по 10—12 ч в холодной воде, краснофлотцы выставляли подпоры для подкрепления палуб, переборок, люков; конопатили места протечек в переборках, деформированных люках и дверях; заделывали трещины цементом; очищали постоянно засорявшиеся приемные патрубки водоотливных средств.

В сопровождении эсминца «Способный» «Красный Кавказ» достиг Туапсе, где к аварийным работам подключился спасательный отряд Туапсинской военно-морской базы. 30 января «Красный Кавказ» на буксире танкера «Москва» и в сопровождении двух сторожевых катеров привели в Поти для заводского ремонта. При этом использовали плавдок грузоподъемностью 5000 т в качестве кормового кессона с установкой на стапель-палубе поперечной шлюзовой переборки. Работы по такому необычному, технически сложному докованию начались 26 марта и продолжались почти 11 суток.

А 3 апреля 1942 г. нарком ВМФ СССР Н. Г. Кузнецов подписал приказ о преобразовании восьми кораблей в гвардейские. Первым упоминался «Красный Кавказ», ставший гвардейским благодаря мужеству,

проявленному его моряками в боях за Одессу, Севастополь, Феодосию.

В доке «Красный Кавказ» ремонтировали круглосуточно в течение 118 дней. В работах участвовали 216 рабочих потийского завода и 250 человек личного состава корабля. Они заменили до 600 м^2 наружной обшивки, палуб, платформ; высверлили и заменили более 4800 заклепок; заварили 7200 м швов; выправили 1200 м^2 корпусных конструкций. Гребной вал, кронштейны гребных валов кормовых машин поступили из запасов флота. Заменили два гребных винта, причем винт для правой носовой турбины взяли с затонувшего в Севастополе крейсера «Червона Украина». По окончании корпусных работ отсеки и цистерны проверили на герметичность.

22 июля «Красный Кавказ» покинул док. Еще около месяца ушло на окончание ремонтных работ, и 17 августа 1942 г. крейсер вышел на ходовые испытания. Таким образом, судоремонтникам и экипажу в сложнейших условиях удалось за 7,5 мес восстановить боеспособность корабля.

Ко времени выхода крейсера из ремонта немецко-фашистские войска достигли Кавказа. Важным звеном в системе нашей обороны стал Туапсе — один из трех оставшихся пунктов базирования Черноморского флота. «Красный Кавказ», обеспечивая подвоз на фронт людей и материального снабжения, в период с 11 сентября по 2 декабря 1942 г. совершил шесть рейсов, доставив из Поти и Батуми в Туапсе более 17 тыс. бойцов различных частей и соединений.

27 января 1943 г. под Новороссийском началось наступление Черноморской группы войск Закавказского фронта. 4 февраля отряд кораблей в составе крейсеров «Красный Кавказ» и «Красный Крым», лидера миноносцев «Харьков», эскадренных миноносцев «Сообразительный» и «Беспощадный» перед высадкой морского десанта в поселок Южная Озерейка (близ Новороссийска) осуществил обстрел берега. На этом завершилось непосредственное участие «Красного Кавказа» в боевых действиях: выпущенные в этот день в течение получаса 75 180-мм и 300 100-мм снарядов стали последними.

В мае 1947 г. «Красный Кавказ» переклассифицировали в учебный крейсер, еще через два — в опытовое судно, которое было потоплено в 1952 г. в ходе испытаний авиационных противокорабельных крылатых ракет.

Литература

Боевая летопись Военно-Морского Флота. 1941—1942. М.: Военное издательство МО СССР, 1983.
Власко-Власов К. А. Как был потоплен «Красный Кавказ»//Независимое военное обозрение. № 41 (311) от 22.11.2002.
Глушенко В. И. Пожар в башне//Гангут. 2000. Вып. 24.
Дроздов Г. М., Рябко Е. Н. Парад Победы. М.: «Планета», 1985.
История Великой Отечественной войны Советского Союза 1941—1945 гг., М.: Военное издательство МО СССР, 1961. Т. 2, 3.
История отечественного судостроения. СПб.: Судостроение. 1995—1996. Т. 3, 4.
Красиков Б. Я. Опыт борьбы за живучесть кораблей и судов Краснознаменного Черноморского флота в Великую Отечественную войну 1941—1945 гг. Ч. 2. Борьба за живучесть кораблей и судов флота в ходе боевых действий. Л.: издание Главного ТУ ВМФ МО СССР, 1976.
Кузнецов Н. Г. Накануне. Курсом к Победе. М.: Военное издательство, 1991.
РГАВМФ: Ф. р-360. Оп. 2. Д. 178, 220, 267, 588, 601, 602, 625; Ф. р-397. Оп. 1. Д. 452, 453, 457, 458; Ф. р-397. Оп. 7. Д. 140, 141, 143; Ф. р-1101. Оп. 1. Д. 11, 20; Ф. р-1483. Оп. 1. Д. 141; Ф. р-1828. Оп. 1. Д. 18, 20.
Цветков И. Ф. Гвардейский крейсер «Красный Кавказ» Л.: Судостроение, 1990.
Широкорад А. Б. Энциклопедия отечественной артиллерии. Минск: Харвест, 2000.

ЭСМИНЦЫ пр. 7 НА СЕВЕРНОМ ФЛОТЕ

В. В. Щедролосев

7 июня 1934 г. Совет труда и обороны СССР принял постановление «О развитии военно-морских баз и аэродромов морских сил Севера». Основной операционный базой Северной военной флотилии (СВФ) утверждался район пос. Полярный (Екатерининская гавань), тыловой базой флотилии — губа Ваенга, судоремонтной — Мурманск.

Первое время основу корабельного состава СВФ составляли старые эсминцы типа «Новик» дореволюционной постройки. Разработка проекта нового эсминца в конце 1932 г. была поручена ЦКБС-1, главным руководителем проекта назначили В. А. Никитина, ответственным исполнителем П. О. Трахтенберга.

В связи со сжатыми сроками, отведенными для проектирования, и недостатком опыта строительства эскадренных миноносцев нового типа, руководством страны было принято решение воспользоваться опытом Италии, которая спроектировала и построила к этому времени лучшие эсминцы на Средиземном море (следует обратить внимание, что для Средиземного моря, а не для Заполярья и Дальнего Востока с их суровым климатом и постоянными штормами).

Технический проект эсминца (пр. 7) утвердили в декабре 1934 г. со следующими тактико-техническими элементами: водоизмещение стандартное 1425 т (полное — 1715 т); длина наибольшая 112,8 м, ширина 10,2 м, осадка 3,1 м, скорость хода 38 уз. На вооружении эсминца находились четыре 130-, два 76-, два 45-мм орудия, два пулемета и два трехтрубных 533-мм торпедных аппарата.

В декабре 1935 г. на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова заложили одним из первых эсминец «Грозный», предназначенный для Северного флота (СФ), в апреле 1936 г. был заложен «Громкий», в августе 1936 г. — «Гремящий».

На Балтийском заводе им. С. Орджоникидзе в августе 1936 г. заложили «Стремительный», а в октябре «Сокрушительный», предназначенные также для СФ.

Жесткие требования к водоизмещению корабля заставили разработчиков эсминца пр. 7 максимально облегчить корпус корабля, подчас жертвуя прочностью. При изготовлении корпусных конструкций использовали маломарганцовистую сталь, имевшую повышенную прочность, но одновременно и большую хрупкость. Почти на всех северных «семерках» (как на флотах часто именовали эсминцы этого проекта) после походов в штормовом Баренцевом море возникали трещины, которые приходилось постоянно заваривать. Дело в том, что при принятой

смешанной системе набора (в средней части корабля — продольная, а в оконечностях поперечная) в местах перехода от одного набора к другому (44-й и 173-й шп.) на волнении возникали значительные напряжения, что вместе с повышенной хрупкостью стали нередко приводило к разрушению корпуса. Уже после первых выходов в море на эсминцах «Сокрушительный» и «Грозный» провели работы по подкреплению корпусов, которые ограничились установкой дополнительных стальных листов на верхней палубе, на полубаке и в корме, что, как показал печальный опыт «Сокрушительного», не предотвратило отрыв его кормы при шторме 8—9 баллов.

Главными двигателями эсминца были две трехкорпусные турбины Харьковского турбинного завода ГТЗА-24 суммарной мощностью 48 000 л. с., расположенные в двух турбинных отсеках. Турбины обеспечивались паром от трех котлов треугольного типа. Каждый котел располагался в отдельном отсеке.

Крупным недостатком энергетической установки была работа котлов под давлением во всем котельном отделении. При этом нагнетающие вентиляторы обрушивали на вахтенных котельных машинистов поток холодного, часто сильно увлажненного воздуха. Даже ватники и бушлаты не спасали матросов от переохлаждения и простудных заболеваний.

К недостаткам конструкции корабля следует отнести и использование междудонного пространства для хранения мазута. Герметичность корпуса часто нарушалась как от взрывов вражеских бомб вблизи корабля, так и от разрывов собственных глубинных бомб и, наконец, просто от вибрации корпуса в штормовую погоду (на Севере она была 8—9 мес в году). Это приводило к фильтрации воды в топливные емкости, что отрицательно сказывалось на поддержании режима горения форсунок паровых котлов.

В 1943 г. на Северном флоте осуществили проверку фактической дальности плавания эсминцев «Гремящий», «Громкий» и «Грозный» в условиях Баренцева моря. Она составила 722—770 миль полным ходом и 1670 миль экономическим ходом (при проектной дальности плавания 2200 миль при скорости 20 уз). При

Эскадренные миноносцы Северного флота в походе

этом, например, «Громкий» расходовал 0,35—0,38 т мазута на одну милю. Дальность плавания сократилась против проектной из-за уменьшения запаса топлива в связи с дополнительной укладкой балласта. Кроме того, корпуса кораблей в Баренцевом море были подвержены повышенной коррозии, что также влияло как на скорость, так и на дальность плавания.

Установленное вооружение кораблей было по своей массе неадекватно проектным проработкам. Тяжелые 130-мм артустановки главного калибра, зенитные 76-мм орудия и торпедные аппараты, а затем и установленные 37-мм автоматы и другие системы вооружения со своим боезапасом, дополнительные РЛС и прочее значительно повлияли на водоизмещение кораблей. Так эсминец «Гремящий» в 1939 г. фактически имел водоизмещение стандартное 1612 т и полное — 2215 т, а в мае 1943 г. 1820 т и 2350 т соответственно, что вызвало опасения за остойчивость корабля.

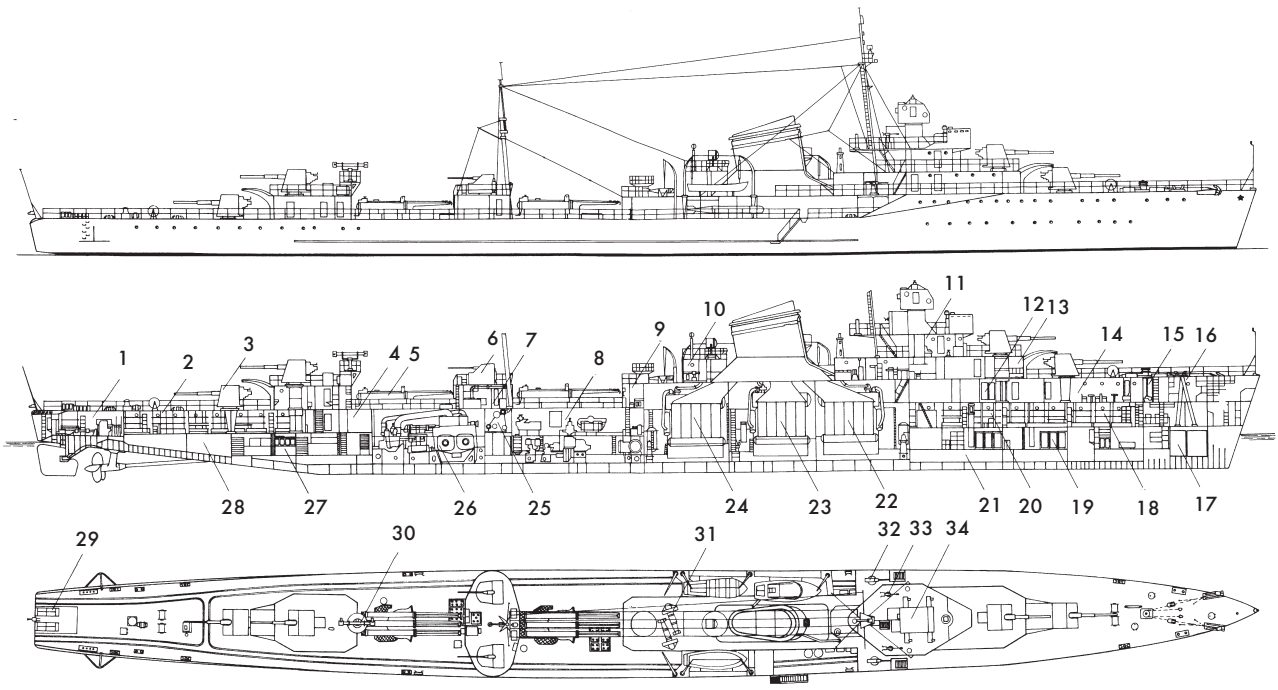
Было принято решение уложить дополнительный твердый балласт (на «Грозном» — 82 т, на «Громком» — 80 т, на «Гремящем» — 71 т), что несколько улучшило положение с остойчивостью. Метацентрическая высота у «Громкого» равнялась 0,61 м при стандартном водоизмещении 1885 т, а при нормальном (2120 т) — 0,76 м.

Мореходные качества эсминцев на Севере оказались низкими. Корабли зарывались в волну, принимая на полубак огромное количество воды. В 6—7-бальный шторм приходилось снижать скорость до 5—7 уз. Находиться в носовых и кормовых кубриках во время шторма было неприятно — корпус корабля трещал и вибрировал, а хождение по верхней палубе, несмотря на наличие леера в средней части (в районе торпедных аппаратов), было очень опасным (за время войны эсминцы потеряли смытыми за борт 9 чел.).

В мае 1942 г. эсминец «Громкий» после обстрела позиций из Ара-Губы снялся с якоря и вышел в Мотовский залив для возвращения в базу. Погода не благоприятствовала переходу, был сильный встречный северо-восточный ветер 8—9 баллов и волна свыше 8 баллов. Командир корабля капитан 3-го ранга С. Г. Шевердяков сбавил ход до 5 уз.

В это время в Кольский залив входил союзный конвой PQ-15, имевший в своем составе 22 транспорта и 14 кораблей непосредственного охранения. Поэтому вход в залив другим кораблям, в том числе и эсминцу «Громкий», был закрыт. Корабль маневрировал в Мотовском заливе, ожидая соответствующего разрешения на вход.

Гигантские волны обрушивали на эсминец тонны воды, корпус корабля в носовой части все более и более вибрировал. Вскоре от удара очередной крупной волны на верхней палубе корабля в районе 37 шп. образовалась поперечная трещина с переходом на борта почти до ватерлинии. Были затоплены носовые



Эскадренный миноносец пр. 7. Чертежи общего расположения (по отчетной документации завода № 190 им. А. А. Жданова, март 1939 г.):
1 — румпельное отделение; *2* — командное помещение № 5; *3* — 130-мм артиллерийская установка Б-13-2; *4* — МПУАЗО; *5* — трехтрубный торпедный аппарат 39-Ю; *6* — 76,2-мм зенитная артиллерийская установка 3-К; *7* — камбуз; *8* — носовое машинное отделение; *9* — пост энергетики; *10* — радиорубка; *11* — штурманская рубка; *12* — каюты начсостава; *13* — каюта командира; *14* — кают-компания; *15* — шпилевая машина; *16* — продовольственная кладовая; *17* — цепной ящик; *18* — командное помещение № 1; *19* — артиллерийский погреб № 1; *20* — командное помещение № 3; *21* — нефтяной отсек; *22* — *24* — котельные отделения № 1—3; *25* — вспомогательный котел; *26* — кормовое машинное отделение; *27* — химическая кладовая; *28* — артиллерийский погреб № *7*; *29* — бомбосбрасыватель; *30* — дальномер; *31* — параван; *32* — 45-мм зенитная артиллерийская установка 21-К; *33* — 12,7-мм пулемет ДШК; *34* — КДП

артпогреба, провизионные и подсобные помещения.

Командир корабля в этой сложнейшей обстановке, когда трещина по верхней палубе с каждым ударом волны расширялась и грозил обрыв носовой части по второе носовое 130-мм орудие, растерялся. Командование кораблем принял на себя находившийся на эсминце командир дивизиона капитан 2-го ранга В. А. Фокин (о чем было объявлено по корабельной трансляции и сделаны записи в вахтенном журнале).

Он развернул корабль на 180°, снизил скорость до 4 уз и сообщил об аварии в штаб Северного флота. Ему дали «Добро» на вход в залив. Умело маневрируя, задним ходом корабль обошел мыс Сеть Наволок и вошел в Кольский залив.

Во избежание отрыва носовой части боцманская команда завела якорь-цепь и несколько стальных тросов за основание второго 130-мм орудия и вокруг носовой надстройки, обжав якорь-цепи и тросы шпилями. Корабль срочно поставили в док судоремонтного завода в пос. Роста. По заключению специалистов, авария эсминца «Громкий» произошла из-за просчетов в проектировании кораблей пр. 7 и непригодности их к эксплуатации в судовых условиях Баренцева моря.

Еще более трагичной была судьба эсминца «Сокрушительный». 17 ноября 1942 г. с Молотовского рейда (ныне Северодвинск) вышел союзный конвой QP-15 в составе 26 транспортных судов (загруженных лесом, минеральными удобрениями и рудой, содержащей титан и другие редкоземельные металлы) и 11 британских кораблей охранения. Ноябрь в Заполярье — не самое лучшее время года, сильный северо-западный ветер с Атлантики подымал штормовую волну до 9 баллов.

Для усиления эскорта конвоя из Кольского залива вышли лидер «Баку» (командир корабля капитан 3-го ранга Б. П. Беляев, на лидере находился командир дивизиона эсминцев капитан 1-го ранга П. И. Колчин и офицеры штаба) и эсминец «Сокрушительный» (командир капитан 3-го ранга М. А. Курилех). Советское соединение в море обнаружило союзный конвой, корабли заняли свои места согласно диспозиции на кормовых углах ордера. Вышедший в составе соединения эсминец «Разумный» (командир капитан-лейтенант В. В. Федоров) из-за обнаружившихся неисправностей с разрешения командира бригады возвратился в Кольский залив.

По мере движения конвоя усиливался северо-западный ветер, возрастала с каждым часом и сила шторма. 20 ноября сила ветра достигла 9 баллов, и комдив П. И. Колчин приказал лидеру «Баку» во избежание аварии следовать в Кольский залив.

Командир «Сокрушительного», уменьшив скорость и убедившись, что это не помогает, самостоятельно лег на курс возвращения в базу. Погода ухудшалась с каждым часом, видимость снизилась до 2—3 кб, снежные заряды следовали один за другим.

Находившийся на «Баку» Колчин рассчитывал отойти подальше от конвоя, установить связь с «Сокрушительным» и следовать с ним в базу. Однако связь установить не удалось, а лидер «Баку» не смог разыскать в бушующем море эсминец «Сокрушительный».

В это время на «Сокрушительном» от ударов волн образовалась

поперечная трещина настила верхней палубы, которая стремительно расширялась и вскоре перешла на бортовую обшивку корпуса в районе 173 шп. В 14 ч 30 мин кормовая оконечность оторвалась и через 3 мин затонула, унеся с собой жизни шести краснофлотцев. Вода затопила оставшиеся в кормовой части (за кормовой перегородкой 2-го машинного отделения) отсеки и через коридор линии валов проникла во 2-е машинное отделение. Невероятными усилиями забортную воду удалось откачать, подкрепить кормовые переборки.

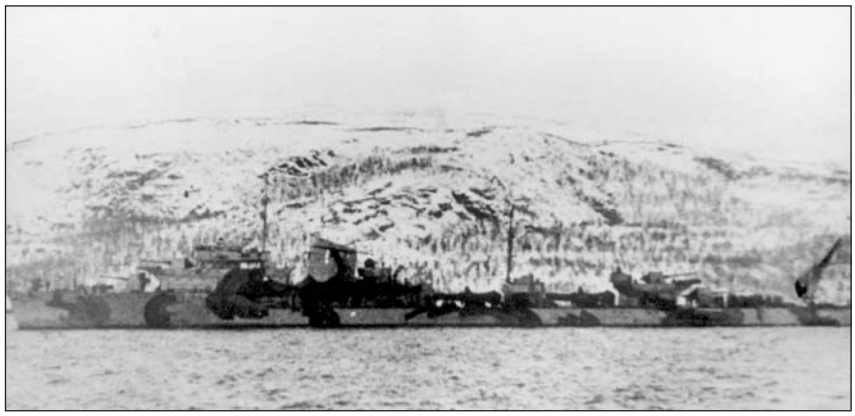
На помощь «Сокрушительному» из Ваенги вышли эсминцы «Разумный» и «Валериан Куйбышев», из Иоканьги эсминец «Урицкий». 21 ноября в 9 ч утра в Полярное пришел лидер «Баку», состояние его было тяжелое, почти все отсеки до ватерлинии фильтровали забортную воду, которую с трудом, используя все средства на корабле, удавалось откачивать.

Эсминец «Разумный» (командир капитан-лейтенант В. В. Федоров, на борту корабля был командир I-го дивизиона эсминцев капитан 2-го ранга С. К. Соколов) 21 ноября с помощью радиопеленгатора в 17 ч 55 мин в снежном заряде обнаружил «Сокрушительный». Попытка подойти и взять «Сокрушительный» на буксир успеха не имела, поданный на него трос при первом же натяжении лопнул, создалась угроза столкновения кораблей бортами, что привело бы к их гибели.

Вскоре подошел эсминец «Валериан Куйбышев» (командир — капитан 3-го ранга П. М. Гончар), с которого смогли подать на «Сокрушительный» несколько стальных тросов, а затем и якорь-цепь. Однако буксировать «Сокрушительный» не удалось из-за сильного дрейфа корабля, развернутого лагом к волне. Тем не менее «Валериан Куйбышев» сумел снять с «Сокрушительного» 179 моряков. Эсминец «Урицкий» снял 11 чел., «Разумный» — одного.

На корабле остались 2 офицера, 2 сверхсрочнослужащих мичмана и 11 матросов и старшин, добровольно изъявивших желание остаться на корабле, переждать непогоду и попытаться спасти его.

Так как на эсминцах топлива осталось только для возвращения в базу, то они с разрешения командования покинул аварийный корабль, а на смену им вышел эсминец «Громкий» под командованием капитана 3-го ранга С. Г. Шевердякова. Шторм не стихал, и вскоре на «Громком» носовые отсеки до ватерлинии залило водой, которая к тому же проникла в котельные и машинное отделения. Эсминец был вынужден сбавить ход до 10 уз и лечь на обратный курс, чтобы откачать воду, а затем продолжить поход. Но вскоре его командир С. Ф. Шевердяков доложил, что вибрирует корма, «волна и ветер 7—8 баллов встречные и усиливающиеся, двигаться корабль может». Ударами волн повредило рулевое управление. К утру 23 ноября шторм достиг 9 баллов, корабль стал сильно зарываться носом. К середине дня образовавшиеся трещины по верхней палубе в нескольких местах заставили командира обратиться к командующему флотом с просьбой о возвращении в базу.



Эскадренный миноносец «Громкий»

Все корабли, участвовавшие в спасении личного состава «Сокрушительного», требовали ремонта, однако корпуса эсминцев-«новиков» — «Валериана Куйбышева» и «Урицкого» — выдержали испытание 9 балльным штормом и не текли. Дальнейший же поиск «Сокрушительного» тральщиками, подлодкой «Л-22» и авиацией оказался безуспешным.

Один из опытнейших механиков эскадры СФ инженер капитан 1-го ранга И. А. Хаин (бывший командир БЧ-5 на «Урицком») в письме автору сообщал: «Достаточно было прорваться воде через коридор линии валов и "Сокрушительный" немедленно затонул».

Эсминцы пр. 7, прибывшие с ленинградских заводов на Северный флот, несмотря на серьезные недостатки активно эксплуатировались и внесли достойный вклад в защиту Советского Заполярья.

15 июля из Владивостока вышли на Северный флот корабли ТОФ в составе ЭОН-18: лидер «Баку» и эсминцы «Разумный», «Разъяренный» и «Ревностный».

«Сокрушительный» в море

14 октября эсминец «Гремящий» под флагом командующего СФ вышел из Полярного навстречу ЭОН-18. В 7 ч 29 мин «Гремящий», лидер «Ба-

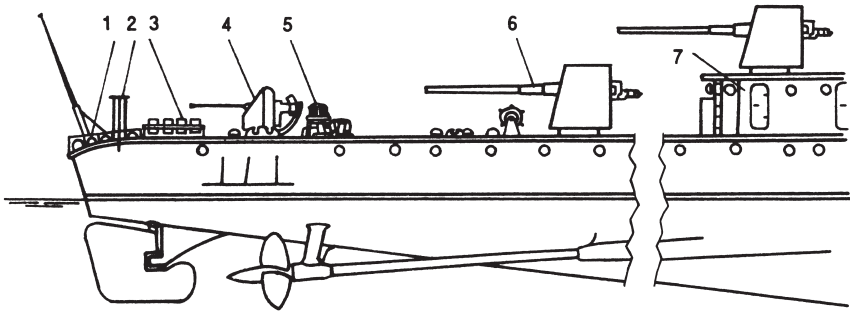


Схема разрушения кормовой оконечности эскадренного миноносца «Сокрушительный»:
1 — бомбосбрасыватель; *2* — дымовая аппаратура; *3* — глубинные бомбы; *4* — 37-мм автомат; *5* — кормовой шпиль; *6* — 130-мм орудие № 4; *7* — кормовая надстройка

ку» и эсминцы «Разумный» и «Разъяренный» вошли в Кольский залив. 16 октября приказом НКВМФ образована бригада эсминцев в составе трех дивизионов. Тихоокеанцы включились в активную боевую деятельность СФ.

За период войны семь эсминцев пр. 7 выполнили 530 боевых заданий с выходом в Баренцево море, при этом провели 56 стрельб главным калибром по батареям и опорным пунктам противника, осуществили три набеговые операции к портам противника, где уничтожили его склады и разрушили береговые батареи.

Эсминцы участвовали в проводке союзных конвоев, для чего 131 раз выходили в море. Они осуществили 220 проводок советских и союзных транспортов между портами Кольского залива, Белого и Карского морей. В борьбе с немецкой авиацией записали на свой счет около 30 вражеских самолетов, потеряв от ударов авиации противника эсминец «Стремительный».

За образцовое выполнение боевых заданий эсминец «Гремящий» был удостоен гвардейского звания, а его командир А. И. Гурин стал Героем Советского Союза.

Эсминцы «Грозный» и «Громкий» за отличия при выполнении боевых заданий награждены орденами Красного Знамени. Почти все офицеры, старшины и матросы за проявленные доблесть и мужество были награждены орденами и медалями.

Литература

Боевая летопись ВМФ 1917—1941 гг. М.: Военное издательство, 1993.
Морин А. Б. Эскадренные миноносцы типа «Гневный». СПб.: Гангут, 1994.
Супрун М. Н. Ленд-лиз и северные конвои 1941—1945 гг. М.: Андреевский флаг, 1997. ЦВМА, ф. 1, оп. 013766 д. 1; ф. 767, оп. 1 д. 43; ф. 1401, оп. 19560, д. 1, оп. 028476, д. 1, 4, 18, 27, 31.
Щедролосев В. В. Боевое взаимодействие кораблей в северных конвоях 1941—1945// Северные конвои. Сб. Вып. 4. Архангельск, 2000.

ТЕПЛОХОД «АНАТОЛИЙ СЕРОВ» В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

А. Н. Тимофеев (Бюро Независимых Сюрвейеров)

«Анатолий Серов» был построен в 1933 г. в Николаеве. Теплоход спроектировали для перевозки леса в северных широтах Советского Союза, но в ходе постройки его переоборудовали в углерудовоз. Трехостровной, однопалубный, с четырьмя трюмами, он имел шесть поперечных водонепроницаемых переборок. Длина судна 105,9, ширина 15,73 м, осадка 6 м, водоизмещение 8253 т, вместимость — 4112/1862 рег. т (брутто/нетто), дедвейт 4880 т. Скорость хода достигала 12,8 уз. Главный двигатель — 4-цилиндровый дизель системы «Зульцер» — имел мощность 1800 л. с.

Для увеличения продольной прочности корпуса вдоль комингсов грузовых люков на высоте 0,4 м от главной палубы были приклепаны швеллеры, а на главной палубе у комингсов люков приварены дублирующие листы толщиной 20 мм.

В годы Великой Отечественной войны судно участвовало в перевозках различных грузов на Черном море. Несколько эпизодов из его боевой биографии дадут читателю некоторое представление о тех далеких днях.

4 января 1942 г., выполняя задание командования, «Анатолий Серов» в штормовую погоду при норд-вестовом ветре силой в 8 баллов следовал из Новороссийска в Феодосию. На борту теплохода находилось 120 автомашин, около 250 т боезапаса и свыше 2000 бойцов Красной Армии.

Не доходя до мыса Чауда, теплоход подвергся внезапной атаке бомбардировщика противника. Видимость была настолько плохой, что командоры, отражая атаки из шести 45-мм пушек и двух крупнокалиберных пулеметов ДШК, определяли направление самолета по рокоту моторов. Из пяти сброшенных бомб три разорвались с левого борта в районе трюма № 3 и две — с правого борта у трюма № 1. В результате сильного гидравлического удара в основных палубных продольных связях носовой части образовались поперечные сквозные трещины, в нескольких местах лопнули продольные швеллеры комингсов люков. От сильного сотрясения у четырех кормовых электрокранов оборвало электропроводку, и они вышли из строя. Главный и путевой компасы выбросило из нактоузов.

При подходе к Феодосии и во время швартовки, вплоть до наступления темноты, самолеты противника беспрерывно, но безуспешно атаковали теплоход.

В течение четырех часов из обоих носовых трюмов были выгружены автомашины и боеприпасы. Разгрузку кормовых трюмов (за исключением легких грузов, которые были выгружены вручную) провести не удалось, так как все кормовые электрокраны были выведены из строя, а

По материалам корабельного инженера Е. И. Калиновского. Рукопись из архива Бюро Независимых Сюрвейеров.

береговые разгрузочные устройства разрушены.

Теплоход отправился в обратный рейс около часа ночи 5 января, так и не закончив разгрузку кормовых трюмов. По приходе в Новороссийск трещины в палубном настиле и комингсах люков заварили электросваркой и сверху приклепали листы длиной 1,5 м и толщиной 15 мм. На швеллеры, получившие трещины, приклепали по два угольника длиной 1,2 м. У кормовых грузовых кранов заменили поврежденные кабели и отремонтировали электроаппаратуру.

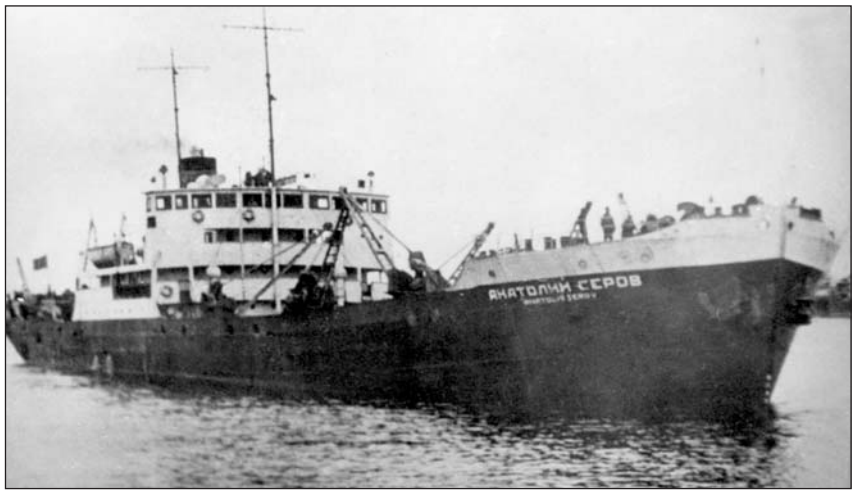
К маю 1942 г. Севастополь уже 7 мес находился на осадном положении. Снабжение его защитников осуществлялось только морским путем, кораблями торгового и военного флота.

Теплоход «Анатолий Серов», груженный боеприпасами и продовольствием, 24 мая 1942 г. в 4 ч прибыл в Севастополь из Новороссийска и пришвартовался у причала Корабельной бухты. В 10 ч 20 мин показались 12 пикирующих бомбардировщиков, которые, несмотря на мощный заградительный огонь, сбросили на него весь груз авиабомб, из которых одна попала в судно, остальные разорвались в воде по носу и с правого борта.

250-кг бомба, попавшая в теплоход, пробила главную палубу и разорвалась в трюме № 2 у правого борта, образовав пробоину площадью около 15 м^2, большая часть которой пришлась ниже ватерлинии. Силой взрыва часть грузов из трюма была выброшена через люк и пробоину на палубу и за борт. Электрокран подбросило вверх вместе с находившимся на нем матросом. В машинном отделении все вспомогательные механизмы остановились.

В трюме ранило 25 бойцов рабочего батальона, которых быстро подняли на палубу, когда трюм стал наполняться водой.

Забортная вода через пробоину в течение нескольких минут заполнила трюм № 2 и через поврежденную переборку стала проникать в трюм № 1, постепенно заливая его. Теплоход стал погружаться носом, одновременно кренясь на правый борт. С увеличением дифферента на нос возрастал и крен на правый борт. Не исключалась возможность, что судно ляжет на бок.



Углерудовоз «Анатолий Серов» (из собрания Н. Н. Афонина)

Вызванные по авралу палубная и машинная команды занялись креплением судна добавочными концами за береговые причальные тумбы.

Подошедшие спасательное судно «Килектор», три водолазных бота и два буксира СП-6 и СП-15 приняли участие в предотвращении опрокидывания судна. В течение 10—15 мин на берег было подано 20 носовых и кормовых стальных тросов диаметром 30—35 мм. Подводка пластыря оказалась бесполезной, так как пробоина была настолько велика, что пластырь не смог ее перекрыть. Кроме того, кромки листов выступали наружу, и пластырь не мог плотно лечь на пробоину. К 12 ч оба трюма и машинное отделение полностью были затоплены. Носовая палуба с правого борта до средней надстройки также покрылась водой.

К 20 ч увеличение крена и дифферента прекратилось. При этом крен на правый борт составлял 15°30′, а дифферент на нос установился на уровне якорных клюзов, осадка кормой составила 3,5 м. Наконец водолазы смогли обследовать повреждения. В наружной обшивке правого борта была пробоина с рваными кромками размером 4,8 х 2, 5 м.

Шпангоуты от 44 до 52, расположенные в районе пробоины, оказались перебитыми. Остальные шпангоуты этого же борта от 37 до 43 и от 53 до 57 деформированы. Рамные шпангоуты 45, 55, 57 также были перебиты и вверху сорваны с заклепок.

Поперечная водонепроницаемая переборка между трюмами № 1 и № 2 была деформирована и имела до 50 выбитых заклепок. По левому борту против люка № 6 в ширстречном поясе образовалась поперечная трещина (0,4 м). Главная палуба у люка № 4 над местом взрыва бомбы получила пробоину размером 1 х 2,3 м. Полубимсы и рамные бимсы от 37 до 57 были сильно деформированы, а у пробоины перебиты.

У электрокрана, поднятого силой взрыва, разрушена вся электроаппаратура и оборваны кабели. Нижняя поворотная шестерня перебита в двух местах. Грузовая стрела получила двойную погибь.

В машинном отделении у дизель-генератора № 1 был обломан фланец якоря, а у № 2 во фланце якоря по диаметру образовалась сквозная трещина. Получили серьезные повреждения станина дизель-компрессора, лапа крепления трюмно-балластного насоса, трубопроводы охлаждения главного двигателя и проушины крышек опорных подшипников.

После того как стала ясна картина повреждений, пришли к выводу, что носовая часть может быть поднята, а для обеспечения ее плавучести необходимо разгрузить оба носовых трюма и осушить трюм № 1.

25 мая с утра приступили к разгрузке носовых трюмов. Военно-морская база выделила 300 бойцов из состава рабочего батальона. Вручную был снят палубный и плавающий в трюмах груз. Затем водолазы приступили к подъему затопленного груза. Работы велись круглосуточно.

К 27 мая отремонтировали судовые электрокраны (кроме разрушенного), к которым с берега подве-

ли электроэнергию. Они значительно ускорили выгрузку, подавая грузы на левый борт, а плавучие краны проводили выгрузку по правому борту.

До начала осушения первого трюма на оба комингса люков с правого борта нарастили деревянные и брезентовые щиты, препятствовавшие проникновению забортной воды в трюм. Осколочные пробоины в переборке забили деревянными клиньями и парусиной с пенькой.

Одновременно с разгрузкой трюмов 26 мая установили две мотопомпы для откачки воды из трюма № 1.

Частые воздушные бомбардировки прерывали работы, а 27 мая они были прекращены на весь день вследствие беспрерывных массовых налетов, во время которых бомбы часто рвались вблизи судна. В результате заделанные пробоины в переборках выдавило водой и снова затопило трюм № 1 и машинное отделение. Крен на правый борт достиг 15°30′.

Пробоины в переборках снова были заделаны, и возобновлена откачка воды из отсеков. Одновременно приступили к расчистке пробоины для установки кессона, который был необходим для постановки временной заделки (для самостоятельного перехода теплохода из Севастополя в Новороссийск).

3 июня в 10 ч 55 мин во время одного из очередных налетов авиации противника на Севастополь «Анатолий Серов» получил еще одно попадание 100-кг авиабомбы, которая пробила палубный стрингер правого борта в районе трюма № 3 между шпангоутами 114 и 115, развортила лист ширстрека толщиной 20 мм, сделав пробоину размером 0,8 х 1,3 м. Взрывом вывернуло наружу шпангоуты у палубы на высоте 1 м, разорвало и завернуло в разные стороны фальшборт, деформировав его на длине 7 м, перебило кормовую магистраль, электрокабель крана № 6, выведя его из строя. В целом эти повреждения не оказали существенного влияния на живучесть теплохода, поэтому дальнейшие работы велись только по заделке пробоины борта трюма № 2.

После удаления воды из машинного отделения все механизмы были очищены от грязи и приведены в рабочее состояние. Так как главный двигатель повреждений не имел, то уже 4 июня он был опробован в работе.

Закончив установку кессонов, приступили к укладке мешков с цементом (до половины высоты пробоины), отверстия между мешками заполнили цементным раствором и после этого 6 июня кессон был снят. Для уменьшения дифферента на нос междудонные цистерны № 20, 21 и ахтерпик заполнили водой, после чего судно имело осадку носом 5,6 м и кормой 4 м. Судно удалось посадить на ровный киль, заполнив водой пространство между двойным дном и платформой в трюме № 4.

По окончании работ 6 июня в 21 ч 50 мин теплоход «Анатолий Серов» своим ходом ушел в Новороссийск, имея крен на правый борт в пределах 5°—6°30′. Во время перехода от ударов волн и вибрации корпуса при работе главного двигателя мешки с цементом выбило и трюм № 2 снова залило водой, но благодаря переборкам вода не распространялась в смежные отсеки, и 8 июня судно благополучно прибыло в Новороссийск. Здесь командой был изготовлен пластырь из досок и закреплен к корпусу болтами, что позволило, перекрыв подводную часть пробоины, полностью осушить трюм № 2, выгрузить остатки груза и подготовить теплоход к ремонту (осуществить его в Новороссийске так и не удалось).

Город и порт подвергались ожесточенным бомбардировкам неприятельской авиации, особенно в первых числах августа 1942 г. Руководство пароходства решило перевести в другие базы Черного моря все суда, находящиеся в эксплуатации, в том числе и поврежденный теплоход «Анатолий Серов», ремонт которого планировали выполнить в Поти.

12 августа в течение всего дня авиация противника почти беспрерывно бомбила. Опасаясь попаданий в теплоход «Анатолий Серов», начальник порта приказал ему выйти на внешний рейд, где стать на якорь. Следуя малым ходом, он в 9 ч 15 мин подвергся атаке самолетов противника, в судно попало две осколочные авиабомбы небольшого калибра. Во время атаки двигатель застопорили, руль положили право на борт, и теплоход двигался по инерции в сторону берега. Одна бомба задела рабочую шлюпку правого борта, сорвала ее с талей и, ударившись о второй пояс наружной обшивки в районе машинного отделения, разорвалась, сделав пробоину размером 1,3 х 1,1 м. Кроме того, взрывом деформировало переборку на площади 1,5 м^2, пробило трубопроводы, идущие вдоль борта, и пояс ширстрека. Вторая бомба попала в люк трюма № 4, ударилась в металлическую платформу и разорвалась на ней, изрешетив поперечную переборку на 123 шп.

Через поврежденную обшивку забортная вода стала поступать в трюм № 4, а оттуда через осколочные пробоины в трюм № 3, и через некоторое время теплоход стал погружаться кормой. Водоотливные средства не успевали удалять поступающую воду. Находящийся вблизи буксир, подойдя к теплоходу, отбуксировал его на отмель. Кормовые трюмы быстро заполнялись водой, и судно плотно село на грунт.

Ожидая повторных атак (которым после этого трижды подвергался теплоход, но во всех случаях безрезультатно), весь личный состав, за исключением вахтенных, оставил теплоход и расположился на берегу. Вахтенным было приказано при появлении самолетов противника артиллерийский огонь не открывать, создавая впечатление «нежизненного» судна.

Военное командование, учитывая серьезность полученных повреждений корпуса, а также сложность подъемных работ, в связи с возможным оставлением Новороссийска, решило все же снять при помощи буксиров теплоход с мели, а затем вывести на глубокое место и затопить.

С наступлением темноты к «Анатолию Серову» подошли ледокол «Торос» и буксир СП-13. Однако все попытки стянуть теплоход с мели оказались безуспешными, завезенный стальной трос дважды рвался.

На следующий день прибыла водолазная партия, которая после тщательного осмотра установила, что повреждения в наружной обшивке подводной части корпуса являются не столь серьезными и могут быть заделаны.

К утру 16 августа закончили подводку на пробоину изготовленного командой небольшого пластыря, а осколочные пробоины забили деревянными чопами. Затем одновременной откачкой судовыми насосами и двумя мотопомпами осушили оба трюма.

18 августа с помощью буксира «Смелый» завезли верп, и к 19 ч 40 мин «Анатолий Серов» , работая своим двигателем «полный назад» и выбирая лебедкой завезенный якорь, сошел с мели. В 21 ч 10 мин этого же дня он своим ходом направился в Батуми.

Ремонт повреждений теплохода проводился на плаву без постановки в док, так как батумский завод № 201 не располагал доками. При ограниченном числе рабочих, недостаточном количестве необходимых материалов и продолжительности рабочего дня 8—10 ч (вследствие невозможности светомаскировки) этот завод все же смог за период с 1 декабря 1942 г. по 23 февраля 1943 г. выполнить значительный объем сложного ремонта.

Все трудности были преодолены энергичной работой коллектива ремонтной базы при повседневной помощи экипажа. 1 марта 1943 г., после вполне удовлетворительных результатов произведенных испытаний, теплоход «Анатолий Серов» вернулся в строй действующих судов Черноморского флота.

Несмотря на многочисленные попытки врага уничтожить корабль и полученные серьезные повреждения, воля и мужество экипажа теплохода «Анатолий Серов», принявшего все меры борьбы за его живучесть, дали возможность выполнить ряд важных операций по перевозке боезапасов, снаряжения, вооружения и войск, а главное, спасти теплоход в минуты, когда гибель его казалась неизбежной.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.124 **Ключевые слова:** скоростной катамаран, подводные крылья, оптимизация, методика.

Ляховицкий А. Г., Сахновский Э. Б., Сахновский Б. М. Проектирование скоростных катамаранов с подводными крыльями//Судостроение. 2005. № 2. С. 9—15.

Анализируются преимущества и недостатки скоростных катамаранов с подводными крыльями различных типов. Предлагается методика проектирования на начальных стадиях, обоснованная результатами оптимизации основных элементов таких судов. Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 9 назв.

УДК 629.565.1 **Ключевые слова:** аутригер, САР, тримаран, энергетический модуль.

Руденко С. А. Высокомореходное судно с аутригерами//Судостроение. 2005. № 2. С. 15—17.

Рассмотрены возможности судна, состоящего из корпуса и двух аутригеров (САР). Энергетическая установка размещена вне корпуса, в аутригерах. САР отличается высоким уровнем мореходности, малой и плавной качкой, свободным размещением в корпусе, комфортной обитаемостью, живучестью. Преимущества САР выявляются с наибольшим эффектом на малых судах. Ил. 2.

УДК 629.12.073.243.4 **Ключевые слова:** перерезывающая сила, изгибающий момент, нелинейная продольная качка, прочность судна.

Семенова В. Ю. Определение вертикальных перерезывающих сил и изгибающих моментов при продольной качке на регулярном волнении с учетом нелинейных факторов//Судостроение. 2005. № 2. С. 17—19.

Дается уточненное определение перерезывающих сил и изгибающих моментов путем учета нелинейных сил второго порядка, возможное на основании разработанного автором метода расчета нелинейной продольной качки. Приводятся расчеты указанных величин для различных типов судов, анализируется влияние нелинейных факторов. Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

УДК 629.562.3 **Ключевые слова:** сейнер, траулер, рыболовное судно.

Сейнер-траулер «Libas»//Судостроение. 2005. № 2. С. 19—20.

Приводится описание сейнер-траулера, построенного по норвежскому проекту в результате совместной работы российских и норвежских судостроителей. Ил. 1.

УДК 629.565:628.515 **Ключевые слова:** судно-сборщик, характеристика, особенности, эффективность.

Никитенков С. С., Игумнов А. Ф. «Аргус» — судно-сборщик нефтесодержащих и сточных вод//Судостроение. 2005. № 2. С. 20—21.

Дается описание отличительных особенностей второго судна—сборщика нефтесодержащих, сточных вод и мусора «Аргус» (пр. 21460), построенного на ФГУП «Дальневосточный завод "Звезда"», от головного судна «Брянск». Ил. 1.

УДК 629.54 **Ключевые слова:** монитор, военное кораблестроение, кораблестроительная программа.

Платонов А. В. Последние предвоенные мониторы ВМФ СССР//Судостроение. 2005. № 2. С. 22—27.

Рассказывается о разработке проектов мониторов типа «Хасан» и «Шилка», их постройке и дальнейшей судьбе кораблей. Приводятся ТТЭ и чертежи общего расположения. Ил. 2. Табл. 2.

УДК 629.566 **Ключевые слова:** аварийно-спасательная служба, спасательное судно, судоподъемная операция.

Мангаев Г. А. Спасательные суда пр. 527 и его модификации//Судостроение. 2005. № 2. С. 27—31.

Прослеживается история проектирования и постройки спасательных судов проектов 527, 527П и 527М — первых спасательных судов послевоенной постройки. Приводятся чертежи и технические характеристики и дается описание спасательного оборудования. Ил. 6.

УДК 623.829.(091) **Ключевые слова:** мобилизационный проект, вооружение, переоборудование.

Смирнов К. Д. Из истории разработки мобпроектов для судов морского флота//Судостроение. 2005. № 2. С. 32—34.

Рассматривается предыстория возникновения требований к мобилизационным проектам. Приводятся различные варианты мобпроектов для судов морского флота. Рассказывается об отработке вопросов вооружения судов морского флота. Ил. 1.

УДК 621.431.74-729.3 **Ключевые слова:** моторное масло, центрифугирование, фильтрование, очистка.

Перминов Б. Н. Новые схемы и эффективность комбинированной очистки моторного масла в судовых тронковых дизелях//Судостроение. 2005. № 2. С. 37—41.

Анализируются достоинства и недостатки очистки моторного масла в судовых двигателях внутреннего сгорания фильтрованием и центрифугированием. Сформулированы принципы повышения эффективности очистки масла комбинированием этих методов. Приводятся оптимальные схемы комбинированной очистки. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр.: 4 назв.

УДК 628.517:629.5.048.4 **Ключевые слова:** судовой вентилятор, амортизатор, виброизоляция, ударная изоляция.

Либерман М. Ю. Основные принципы проектирования упругого крепления судовых вентиляторов//Судостроение. 2005. № 2. С. 42—45.

Рассмотрены проблемы, связанные с выбором типа крепления судовых вентиляторов (жесткого или упругого) и параметров амортизаторов. Приведены методические рекомендации по проектированию упругого крепления судовых вентиляторов, учитывающие специфические условия их эксплуатации. Ил. 1. Библиогр.: 8 назв.

УДК 620.178.311 **Ключевые слова:** амортизатор цельнометаллический, нагрузка статическая, динамическая.

Лесняк А. Н., Пшеницын А. А. Исследование нелинейности цельнометаллических амортизаторов при статической и динамической нагрузке//Судостроение. 2005. № 2. С. 45—47.

Представлены результаты экспериментальных исследований статических и динамических характеристик цельнометаллических упругодемпфирующих элементов. Получены зависимости этих характеристик от величины деформации, которые могут быть использованы при разработке специальных средств виброизоляции. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 614.842/847:629.5 **Ключевые слова:** судно, пожар, контроль, автоматизация.

Круглеевский В. Н. Пути решения проблемы автоматизации контроля пожарной опасности в судовых помещениях//Судостроение. 2005. № 2. С. 48—50.

Описывается подход к решению проблемы автоматизации контроля пожарной опасности в судовых помещениях с использованием нового способа контроля. Рассмотрены математическая модель пожароопасного состояния пространства судового помещения и принципы моделирования динамических процессов в нем с использованием математического аппарата клеточных автоматов. Ил. 2. Библиогр.: 7 назв.

УДК 336.12 **Ключевые слова:** предприятие, денежные средства, бюджет, расход.

Нестерова М. Ю., Фролова Е. А. Бюджет денежных доходов и расходов//Судостроение. 2005. № 2. С. 51—54.

Рассматриваются проблемы контроля денежных потоков предприятия путем применения обобщенной информации о денежных потоках, которая отражается в различных бюджетах. Описывается система бюджетирования, являющаяся одним из инструментов финансового менеджмента. Ил. 4. Табл. 1.

УДК 621.436.003.13 **Ключевые слова:** дизель, предельное состояние, технико-экономический показатель, ресурс.

Лавров Ю. Г. Экономическое обоснование оптимального ресурса судового дизеля до его переборки//Судостроение. 2005. № 2. С. 54—57.

Рассказывается об экономическом подходе к оценке оптимального ресурса судового дизеля до его переборки на основании игровых и статистических методов исследований. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.518.001.33.002.1:629.5 **Ключевые слова:** технология, подготовка производства, автоматизация.

Кузнецов А. А. Универсальный генератор технологических процессов//Судостроение. 2005. № 2. С. 58—60.

Дается описание генератора технологических процессов — программы, с помощью которой осуществляется проектирование конкретных технологий при подготовке производства. Ил. 2. Библиогр.: 2 назв.

ABSTRACTS

Lyahovitsky A. G., Sahnovsky E. B., Sahnovsky B. M. Designing of high-speed hydrofoils catamarans

Advantages and drawbacks of high-speed hydrofoil catamarans of various types are analyzed. Procedure for initial stages designing proved by the results of optimization of main components of such vessels is proposed.

Rudenko S. A. Highly seaworthy vessel with outriggers

Possibilities of a vessel that consists of a hull and two outriggers are considered in detail. Power plant is installed outside of the hull, in outriggers. The vessel is notable for high level of seaworthiness, low and smooth heaving, spare accommodation in hull, comfortable habitability, survivability. Advantages of the principle are revealed with the utmost efficiency at small vessels.

Semenova V. Yu. Determination of vertical intersecting forces and bending moments in case of longitudinal heaving at regular sea with consideration of non-linear factors

The author considers refined determination of intersecting forces and bending moments by the way of consideration of second-order non-linear forces that is possible due to the method of calculation of non-linear longitudinal heaving developed by the author. Calculations of indicated values for vessels of various types are given, influence of non-linear factors is analyzed.

Seiner-trawler «Libas»

The article gives a description of seiner-trawler built under Norwegian project in the result of joint work of Russian and Norwegian shipbuilders.

Nikitenkov S. S., Igumnov A. F. «Argus» — vessel-collector of slop and waste waters

The authors give description of distinctive features of second vessel-collector of slop and waste waters and garbage «Argus» (project 21460) built at FSUE «Far East shipyard «Zvezda» that distinguish it from the lead ship «Bryansk».

Platonov A. V. Last pre-war monitors of Soviet Navy

The author tells about development of projects of monitors of «Hasan» and «Shilka» types, their building and further destiny of the ships. Performance characteristics and general layout drawings are given.

Mangaev G. A. Rescue ships of project 527 and it modifications

History of designing and building of rescue ships of projects 527, 527P and 527M, the first rescue ships of after-war building is followed. Drawings and technical features and description of rescue equipment are given.

Smirnov K. D. From the history of development of mobilization projects for merchant marine

The backgrounds of arising requirements to mobilization projects are considered. Various variants of mobilization projects for merchant vessels are given. The author tells about development of merchant marine vessels armament issues.

Perminov B. N. New schemes and efficiency of combined cleaning of motor oil in trunk shipboard diesels

Advantages and drawbacks of motor oil cleaning in shipboard combustion engines by filtering and centrifugation are analyzed. Principles of improvement of efficiency of oil cleaning by combining of these methods are formulated. Optimum schemes of combined cleaning are given.

Liberman M. Yu. Main principles of designing of elastic fastening of shipboard ventilators

The author considers problems connected with selection of the type of shipboard ventilators fastening (rigid or elastic) and parameters of shock absorbers. Methodic recommendations for designing of elastic fastening of shipboard ventilators that consider specific conditions of their operation are given.

Lesnyak A. N., Pshenitsyn A. A. Investigation of non-linearity of all-metal shock-absorbers at static and dynamic loading

Results of experimental investigations of static and dynamic characteristics of all-metal elasto-damping elements are presented. Dependences of these features from deformation value are obtained that can be used during development of special means of vibration isolation.

Krugleevsky V. N. Methods for solving of the issue of automatization of fire danger monitoring in shipboard compartments

The author describes an approach to solving of the issue of automatization of fire danger monitoring in shipboard compartments with the use of a new method of fire danger monitoring in shipboard compartments. He considers mathematic model of fire risk condition of shipboard compartment and principles of modeling of dynamic processes in it with the use of mathematic apparatus of cellular automaton.

Nesterova M. Yu., Frolova E. A. Budget of cash income and expenditures

The authors consider issues of control of enterprise cash flows by use of generalized information about cash flows that is represented in various budgets. Budgeting system that is one of financial management tools is described.

Lavrov Yu. G. Economic grounding of optimum resource of shipboard diesel up to its reassembly

The article is dedicated to economic approach to evaluation of optimum resource of shipboard diesel up to its reassembly on he basis of gaming and statistic technologies of investigation.

Kuznetsov N. A Universal generator of technological processes

The author gives description of generator of technological processes — a program with the help of which designing of specific technologies is executed during preproduction.

Поправка

В статью С. С. Ушкова, Г. И. Николаева, В. И. Михайлова, Г. В. Матвеева, Ю. Д. Хесина «Конструкционные материалы для глубоководных аппаратов» (Судостроение. 2004. № 5) необходимо внести авторские уточнения: в последнем абзаце на с. 113 вместо «При плотности 400—500 кг/м^3 под гидростатическими нагрузками до 100 МПа...» следует читать «...нагрузками до 10 МПа»; на с. 114 вместо «...легковесных заполнителей плотностью от 400 до 500 кг/м^3...» следует читать «... плотностью до 650 кг/м^3».

Авторы и редакция приносят читателям свои извинения.

ISSN 0039—4580. Судостроение. 2005. № 2. 1—82.