СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039–4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

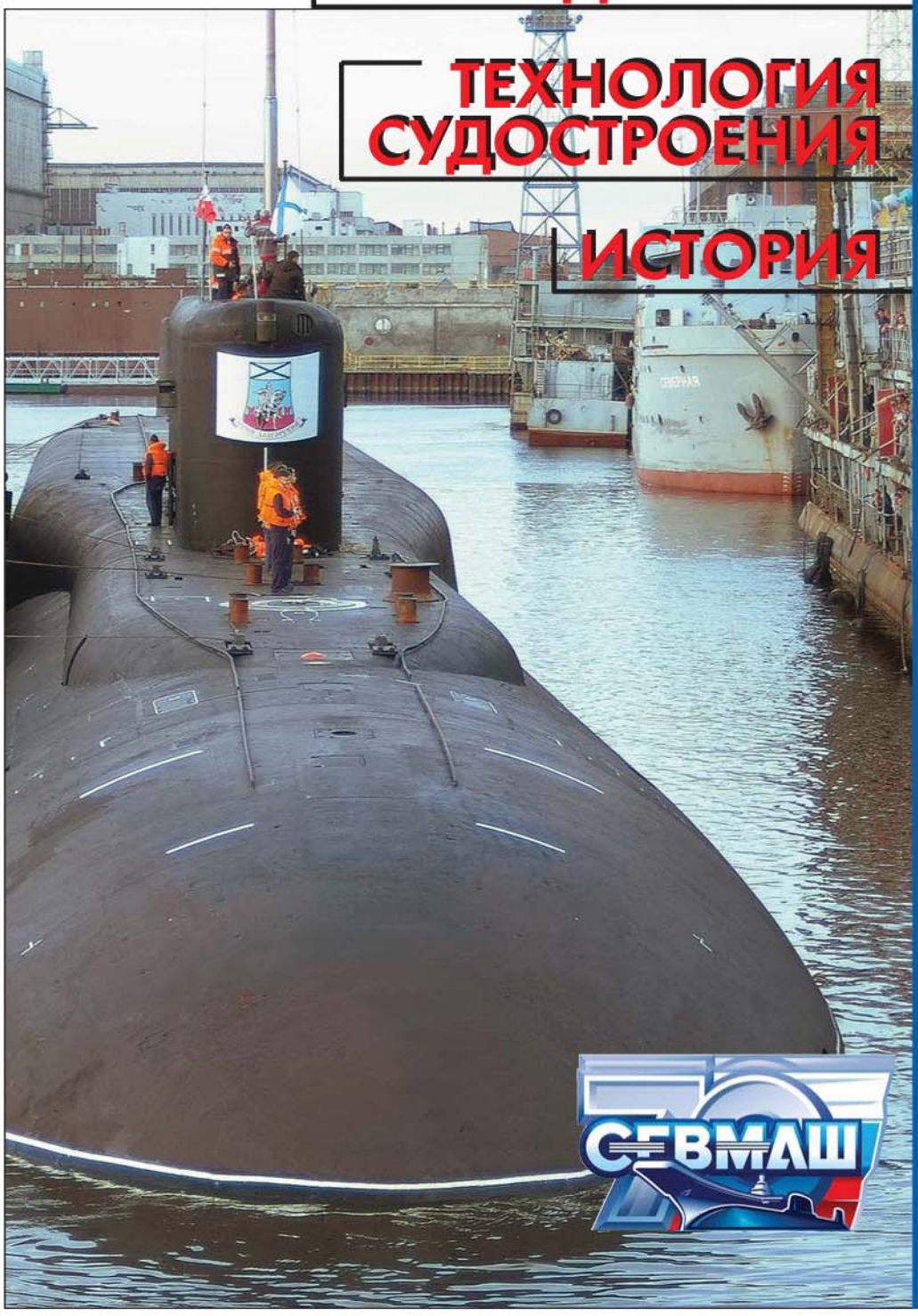
ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ

№ 6
2009
ноябрь–декабрь



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

СУДОСТРОЕНИЕ

6•2009
(787) ноябрь—декабрь

Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

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

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Горбач В. Д. — генеральный директор Центра технологии судостроения и судоремонта

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Александров В. Л. — ген. директор Адмиралтейских верфей
Войтецкий В. В. — ген. директор НПО «Аврора»
Горынин И. В. — президент — научный руководитель ЦНИИ КМ «Прометей»
Жарков Н. С. — ген. директор завода «Красное Сормово»
Калистратов Н. Я. — ген. директор ПО «Севмаш»
Кидалов В. И. — ген. директор НПО «Марс»
Климовский С. Д. — ученый секретарь ЦВММ
Клячко Л. М. — директор ЦНИИ «Курс»
Корякин Ю. А. — первый зам. директора ЦНИИ «Морфизприбор»
Максимов Ю. А. — ген. директор Калужского турбинного завода
Никитин В. С. —ген. директор ЦС «Звездочка»
Орлов И. А. — ген. директор ПСЗ «Янтарь»
Осипов В. А. — директор ЦНИИ «Гидроприбор»
Панин В. А. — директор ГМЗ «Салют»
Пешехонов В. Г. — директор ЦНИИ «Электроприбор»
Пялов В. Н. — ген. директор — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — директор Департамента суд. пром. и морск. техники
Шаталов В. В. — ген. директор КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — ген. директор — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»
Юхнин В. Е. — ген. конструктор Северного ПКБ

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Климов В. В., тел. (812) 7861609

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

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

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

© Журнал «Судостроение», 2009

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 3

СЕВМАШУ — 70 ЛЕТ

Калистратов Н. Я. Семь десятилетий Севмаша 9
Имя в судостроении 11
Бородин В. В. Платформа для арктического шельфа 13
Алсуфьев А. В., Жепетов В. А., Сивков А. А. Создание оборудования и объектов приливной энергетики — новое направление инновационной деятельности ОАО ПО «Севмаш» 15
Попов А. Е. Техническое развитие ОАО ПО «Севмаш» с целью создания современного судостроительного комплекса 19
Спиридонов Ю. В. Машиностроительное производство Севмаша на пути инновационного развития 22
Гусельников Н. А., Киреенко В. В., Дианова Т. В. О научно-исследовательском, технологическом и испытательном центре ОАО ПО «Севмаш» 24
Куликов В. П. На острие научно-технического прогресса 27
Алферов В. И., Куликов В. П., Михайлов В. С. Совершенствование технологических процессов изготовления сварных конструкций с использованием МКЭ 29

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Старшинов В. А. Первый в мире атомный ледокол «Ленин» 34
Амосов А. Г. 110 лет со дня рождения В. И. Неганова 38
«Саванна», «Отто Ган», «Муцу», «Севморпуть» 39
Абрамовский В. А. Влияние структуры поля скоростей ветра над волнением на динамику морских объектов 41
Артюшина Т. Г. Построение модели судна как сложной многоуровневой системы на основе теории нечетких множеств 47
110 лет Корфаку 49

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Итоги конференции «Развитие двигателестроения в России» 50
Тимофеев В. Н., Степанов Ю. Н. Повышение технико-экономических показателей судовых дизелей совершенствованием систем наддувочного воздуха 53
Фершалов Ю. Я., Фершалов А. Ю., Симашов Р. Р. Газодинамические характеристики сопловых аппаратов с малыми углами выхода потока в составе осевой малорасходной турбины 56

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Попков В. И., Воинова О. Н. Об амортизаторах СТВР и АКСС (письмо в редакцию) 59
Сахно К. Н. Научные основы проектирования трасс судовых трубопроводных систем 60
Попков В. И., Промыслов Л. А. Конференция «Уменьшение шумности гидрологических систем» 63
Демурин А. С. Управление качеством композиционных материалов для деталей машин 64

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

В Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области (68). Юбилейная «Нева-2009» (69). **Сазонов К. Е.** XLIII Крыловские чтения (70). **Григорьев Б. В.** К столетию со дня рождения М. Г. Русанова (71). Конференция «ИММОД-2009» (73). **Богаченко И. П.** К 80-летию со дня рождения Н. И. Кваши (74). Новые книги (75). Зарубежная информация (78). Морской перегрузочный комплекс на месторождении им. Юрия Корчагина (82). Блиц-новости (67)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Климовский С. Д. Американский «след» в речном судостроении России 83

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

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

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

6•2009
(787) November—December

Published since September 1898

CONTENTS

AT THE SHIPYARDS 3

SEVMASH SHIPYARD — 70 YEARS OLD

Kalistratov N. Ya. Seven decades of Sevmash 9
The name in Shipbuilding 11
Borodin V. V. Platform for Arctic continental shelf 13
Alsufyev A. V., Zhepetov V. A., Sivkov A. A. Creation of equipment and objects of floating power engineering — a new trend of JSC PO «Sevmash» innovation activity 15
Popov A. E. Technical development of JSC PO «Sevmash» for the purpose of creation of modern shipbuilding complex 19
Spiridonov Yu. V. Mechanical engineering of Sevmash on the way of innovation development 22
Guselnikov N. A., Kireyenko V. V., Dianova T. B. About scientific-research, technological and test center of JSC PO «Sevmash» 24
Kulikov V. P. On the edge of scientific-technical progress 27
Alfyorov V. I., Kulikov V. P., Mikhaylov V. S. Improvement of engineering processes of welded hull structures manufacturing using finite-element method 29

CIVIL SHIPBUILDING

Starshynov V. A. The world's first nuclear powered icebreaker «Lenin» 34
Amosov A. G. 110th anniversary of the birth of V. I. Neganov 38
«Savannah», «Otto Hahn», «Mutsu», Sevmorput» 39
Abramovsky V. A. Influence of above-the-waves wind velocity field structure on the dynamics of seagoing objects 41
Artyushyna T. G. Creation of a ship model as a complicated multilevel system on the basis of fuzzy-set theory 47
110th anniversary of shipbuilding faculty 49

SHIPBOARD POWER PLANTS

Results of the conference «Development of engine building in Russia» 50
Timofeyev V. N., Stepanov Yu. N. Improvement of technical-and-economic characteristics of marine diesels due to improvement of supercharging air systems 53
Fershalov Yu. Ya., Fershalov A. Yu., Simashov R. R. Gas-dynamic properties of sets of nozzles with small angles of flow exit being a part of low-rate axial-flow turbine 56

SHIPBOARD EQUIPMENT

Popkov V. I., Voynova O. N. About CTBP and AKCC dampers (a letter to the editor) 59
Sakhno K. N. Scientific foundations of marine pipeline systems designing 60
Popkov V. I., Promyslov L. A. Conference «Reduction of hydrologic systems' noisiness» 63
Demurin A. S. Quality control of composites for machine elements 64

INFORMATION SECTION

In the Shipbuilders' Association of St.Petersburg and Leningrad Region (68). Jubilee exhibition «Neva-2009» (69). **Sazonov K. E.** XLIII Krylov's recitations (70). **Grigoryev B. V.** On the occasion of the centenary of the birth of M. G. Rusanov (71). «IMMOD-2009» conference (73). **Bogachenko I. P.** On the occasion of the ninetieth anniversary of the birth of N. I. Kvasha (74). New books (75). Foreign news (78). Floating overload unit at Yury Korchagin oil field (82). Blitz-news (67)

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Klimovsky S. D. American «trace» in river shipbuilding of Russia 83

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

На 1-й стр. обложки — головной атомный подводный ракетоносец четвертого поколения «Юрий Долгорукий» проекта 955 «Борей» (фото предоставлено ОАО ПО «Севмаш»), на 2-й стр. — на выставке «Нева-2009» (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — первый в мире атомный ледокол «Ленин»; на 4-й стр. — фрегат «Тед» проекта 11356, построенный ОАО ПСЗ «Янтарь» для ВМС Индии, в день спуска на воду 27 ноября 2009 г. (фото предоставлено ОАО ПСЗ «Янтарь»)

Журнал выпущен при поддержке ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО СПМБМ «Малахит», ОАО ЦМКБ «Алмаз», ОАО ПСЗ «Янтарь», ОАО ПО «Севмаш»

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

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

Электронные версии журналов 1999—2009 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включены в Российский индекс научного цитирования

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

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

Цветоделение
Д. Н. Демичев

Перевод
И. Н. Самохвалова

Графика
Г. А. Князева

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

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 11.12.2009 г.
Каталожная цена 100 руб.

Адрес издательства и типографии:
Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7, ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта»
Тираж 1000 экз.
Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 012360

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОАО ДВЗ «ЗВЕЗДА»

На базе Дальневосточного завода «Звезда» планируется создать современную верфь с сухим доком для постройки крупных танкеров, газовозов, буровых платформ. 30 сентября Председатель Правительства РФ В. В. Путин провел встречу с главой госкорпорации «Банк развития и внешнеэкономической деятельности» («Внешэкономбанк») В. А. Дмитриевым. На этой встрече В. А. Дмитриев доложил о ходе реализации основных проектов банка, в том числе о комплексной проработке проекта новой верфи, стоимость которой он оценил примерно в 35 млрд руб. По его словам, строительство может начаться во втором квартале 2010 г., чтобы «выйти на закладку первого киля в 2011 г.» Инициатором проекта является Объединенная судостроительная корпорация. С учетом предварительно обсуждаемых заказов «Газпрома», «Роснефти», «Совкомфлота» и ряда других компаний можно выйти на окупаемость в течение 10—15 лет, отметил В. А. Дмитриев.

Между тем «Звезда» продолжает утилизацию выведенных из состава Тихоокеанского флота атомных подводных лодок (АПЛ) второго поколения пр. 671 РТМ. В сентябре завершены работы, которые финансировала Япония, на двух заказах, прибывших на завод в декабре и октябре 2008 г. На очереди — контракт, оплачиваемый Канадой. В июле на полупогружном транспортном судне «Transshelf» голландской компании Dockwise Shipping, на палубе которого в ОАО «Находкинский судоремонтный завод» смонтировали специальное доковое устройство, с Камчатки на завод, преодолев за пять дней более 2500 км, были доставлены сразу две АПЛ этого проекта. Их утилизацию завершат в 2010 г. Проводятся и сложнейшие ремонтные работы на АПЛ. На подводном ракетоносце «Томск», в частности, предстоит заменить парогенератор.

ОАО «ДЦСС»

22 октября во Владивостоке состоялось подписание соглашения между Дальневосточным центром судостроения и судоремонта (ДЦСС) и южнокорейской компанией Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering о намерении строительства на территории ОАО ДВЗ «Звезда» новой судоверфи, способной строить гражданские суда водоизмещением до 300 000 т. Как сообщает заводская газета «Звезда», верфь будет создана, прежде всего, для обслуживания отечественной нефтегазовой отрасли, т. е. она должна быть способна строить газовозы, крупные танкеры, плавучие заводы по сжижению газа, суда и плавсредства для освоения шельфа. Финансирование — около 1 млрд дол. — обеспечит «Внешэкономбанк». На новой верфи будет создано около 2500 рабочих мест. Соглашение предусматривает разработку рабочей группой бизнес-плана, технического плана размещения новых мощностей, графика строительства и др. Предполагается во втором квартале 2010 г. приступить к строительным работам.

* * *

18 ноября ДЦСС и «Внешэкономбанк» заключили соглашение о сотрудничестве при создании верфи крупнотоннажного судостроения на базе ОАО ДВЗ «Звезда». Предполагается, что участие ДЦСС в финансировании составит не менее 20% от общей суммы инвестиционных затрат.

ОАО «ОСК»

18 ноября между Объединенной судостроительной корпорацией (ОСК) и «Совкомфлотом» были подписаны соглашения, предусматривающие использование имеющегося потенциала судостроительных предприятий Дальневосточного региона, а также совместные действия по организации строительства морс-

АПЛ «Томск» у причала ОАО ДВЗ «Звезда»

Две АПЛ пр. 671 РТМ в ходе транспортировки с Камчатки для утилизации в ОАО ДВЗ «Звезда»

кой техники на создающихся судостроительных мощностях в Приморском крае. В частности, будут прорабатываться вопросы постройки не менее шести танкеров типа «Суэцмакс» дедвейтом около 160 000 т и четырех газовозов вместимостью по 175 000 м^3.

Подписано также трехстороннее соглашение с участием ОАО «НОВАТЭК» о проработке параметров организации строительства платформ для завода СПГ и полной номенклатуры судов для освоения месторождений газа на полуострове Ямал и дальнейшей его транспортировки до потребителей, в том числе по Севморпути.

ОАО «ЗЕЛЕНОДОЛЬСКОЕ ПКБ»

Зеленодольское проектно-конструкторское бюро, основанное в 1949 г., в этом году отметило свое 60-летие. Бюро занимается проектированием кораблей, судов и катеров различных типов и назначений, а также разработкой и изготовлением изделий судового машиностроения. По его проектам построено более 800 кораблей и судов, в том числе свыше 150 на экспорт. Среди новых проектов, к реализации которых приступило бюро, — пассажирский катер «Стриж» с корпусом из алюминиевого сплава, рассчитанный на 32 чел. Он предназначен для скоростных пассажирских перевозок по внутренним водным путям, а также может быть использован в качестве туристического, разъездного, а для конкретного заказчика — переоборудован в моторную яхту. Длина катера 17/14,5 м, ширина 3,8 м, осадка 0,55 м. Два двигателя Volvo Penta Aquamatic Duoprop D4-260/DP мощностью по 191 кВт обеспечат скорость полного хода не менее 45 км/ч. Дальность плавания 300 км, запас топлива 750 л, экипаж 2 чел.

Пассажирский катер «Стриж» — новый проект ОАО «Зеленодольское ПКБ»

Перспективным является и новый проект транспортного рефрижератора-снабженца «Тихий океан» (пр. 22040). Судно имеет размерения 99,3/88 х 14,6 х 5,5 м (осадка), водоизмещение 4735 т, дедвейт 2424 т, дальность плавания 5000 миль, автономность 45 сут

18 ноября на ДВЗ «Звезда» состоялось совещание по размещению заказов в ОАО «ДЦСС» с участием членов Правительства России и представителей компаний-заказчиков — ОАО НК «Роснефть», ОАО «Газпром», ОАО «НОВАТЭК» и др. Совещание провел заместитель Председателя Правительства Российской Федерации И. И. Сечин. На нем обсуждались проекты строительства новых верфей на базе ФГУП «30 СРЗ» и ОАО ДВЗ «Звезда», а также перспективы судостроительной отрасли в Дальневосточном регионе. О проекте создания верфи на «30 СРЗ» рассказал Брайн Чанг, исполнительный директор сингапурской компании Yantai Raffles Shipyard Co. Ltd. Исполнительный вице-президент южнокорейской компании Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) Донгхук Пак рассказал о проекте судоверфи на базе ДВЗ «Звезда». С докладом о перспективах развития судостроительной отрасли в Дальневосточном регионе выступил Р. В. Троценко, исполняющий обязанности президента ОАО «ОСК». В этот же день прошла церемония закладки новой судоверфи. Соответствующий акт подписали И. И. Сечин и президент компании DSME Нам Сенг Тэ, после чего состоялись закладка капсулы и установка памятного камня (фото Светланы Ландышевой, ОАО ДВЗ «Звезда»).

Ледокольный буксир «Невская застава» готов к выводу из плавдока ОАО СФ «Алмаз»

и скорость около 15 уз. Судно сможет транспортировать до 2000 т мороженой рыбы и 365 т товарного топлива. Температура в грузовых трюмах может достигать –30°С. Предусмотрена возможность размещения 14 двадцатифутовых контейнеров, в том числе шести рефрижераторных. Эти и другие гражданские проекты бюро демонстрировало на выставке «Нева-2009», а военные — на МВМС-2009 в Санкт-Петербурге.

ОАО СФ «АЛМАЗ»

13 октября состоялась торжественная церемония спуска на воду с помощью плавдока буксира ледового класса «Невская застава» пр. 2805, построенного по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга. Этот буксир будет, в частности, использоваться для ликвидации разливов нефтепродуктов на акватории Санкт-Петербурга, разрушения и ликвидации ледовых образований у мест забора воды из Невы, тушения пожаров (в том числе на высокобортных судах), прокладывания каналов для экстренной ледовой проводки судов после закрытия навигации по Неве и Волго-Балтийскому водному пути.

Буксир спроектирован специалистами ОАО «Инженерный центр судостроения» на класс Российского Речного Регистра ✠ М-СП-3,5 (лед) А. Его основные размерения: длина габаритная 41 м, ширина габаритная 11,6 м, высота борта 5,2 м, мощность главных двигателей 2 х 1800 кВт, экипаж 9 чел.

В настоящее время в эллингах ОАО «Судостроительная фирма "Алмаз"» заканчивается строительство головного корабля территориального моря пр. 22460 и трех катеров пр. 12200 «Соболь» для ПС ФСБ РФ, двух катеров пр. 12200 «Соболь» для инозаказчика. Продолжаются работы по строительству двух малых артиллерийских кораблей пр. 21630 «Буян» для ВМФ РФ, трех кораблей пр. 10412 «Светляк» для инозаказчика, одного корабля пр. 10410 для ПС ФСБ РФ.

Спуск на воду плавучей насосной станции пр. 08643, построенной ОАО «Ярославский судостроительный завод»

ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

15 октября на заводе состоялся спуск на воду плавучей насосной станции пр. 08643, предназначенной для подачи воды в системы различного назначения — для орошения, сельхозводоснабжения и обводнения территорий. Судно построено менее чем за год по госконтракту в рамках федеральной программы «Сохранение плодородия почв» для Каширского и Краснослободского водных трактов Среднеахтубинского района Волгоградской области. Длина судна, спроектированного ЗАО «Минибот», 44,16 м, ширина 10,16 м, водоизмещение порожнем 345,1 т, подача каждого из шести насосов 8,5 м^3/с, вахтенная команда 4 чел. На церемонии спуска Т. И. Потапова, представитель заказчика — «Волгоградмелиоводхоза», отметила, что такие плавучие насосные станции жизненно необходимы для Волгоградской области. А они не строились более 20 лет!

ОАО «ЗАВОД "НИЖЕГОРОДСКИЙ ТЕПЛОХОД"»

3 ноября судостроители ОАО «Завод "Нижегородский Теплоход"» спустили на воду землесос СБ 500/440 проекта 1-516, построенный для Федерального агентства морского и речного флота (Росморречфлот). Землесос — несамоходное речное судно с фрезерным рыхлителем производительностью по грунту 500 м^3/ч. Оно предназначено для проведения дноуглубительных работ на внутренних водных путях разрядов «Р» и «Л» по классификации Российского Речного Регистра с глубиной не менее 2 м и скоростью течения до 6 км/ч.

Основные характеристики: длина габаритная 56 м, ширина габаритная 10,8 м, высота борта 2,6 м, осадка средняя в рабочем положении со 100% запасов 1,47 м, соответствующее водоизмещение около 555 т, мощность дизеля для

привода грунтового насоса 515 кВт, мощность вспомогательных дизель-генераторов 500 + 100 кВт, максимальная глубина грунтозабора 10 м, дальность отвода грунта по плавучему грунтопроводу 400 м, автономность по топливу и нефтесодержащим водам 10 сут (по запасам питьевой воды и сточным водам 6 сут), вахта 4 чел. (экипаж землесоса проживает на брандвахте).

Землесос СБ 500/400 проекта 1-516 построен судостроителями ОАО «Завод "Нижегородский Теплоход"»

ООО «НЕВСКИЙ ССЗ»

22 октября на Невском судостроительно-судоремонтном заводе состоялся спуск на воду головного танкера-бункеровщика прибрежного плавания дедвейтом 850 т «Oslo-Tank» (строительный номер 601). Заказчик — Haugland Tankers AS (Норвегия), дочернее предприятие компании Bergen Tankers AS. Проект SK4902/10021 судна разработан норвежским проектным бюро Skipskonsulent AS, надзор осуществляет Bureau Veritas.

Длина судна наибольшая 47,85 м, ширина 10 м, высота борта 4 м, осадка 2,85 м, дедвейт 850 т, объем грузовых танков 750 м^3. Судно предназначено для транспортировки и передачи на суда светлых и темных нефтепродуктов с температурой вспышки выше 60°С.

Танкер имеет двухвинтовую энергетическую установку, единую непрерывную палубу с носа до кормы (набор — под настилом палубы), двойной корпус по всей грузовой зоне, наклонное второе дно в этой зоне, разделенной на шесть грузовых танков. Топливные цистерны расположены в районе кормовой части машинного отделения, жилые помещения (3 каюты) и рулевая рубка — выше главной палубы, экипаж 4 чел. Мощность главных двигателей (два высокооборотных дизеля Mitsubishi) 2 х 500 кВт. Главные двигатели через упругую муфту и редуктор работают на два винта регулируемого шага диаметром 1,4 м. Эксплуатационная скорость — 8 уз. Мощность подруливающего устройства с винтом фиксированного шага 200 кВт. В состав судовой электростанции входят два валогенератора по 450 кВт, а также стояночный дизель-генератор мощностью 50 кВт. Район плавания танкера — прибрежная зона, флаг Норвегии. Второе судно со строительным номером 602 («Bergen—Tank»), предназначенное для того же заказчика, достраивается в эллинге завода.

Танкер-бункеровщик «Oslo-Tank» готов к спуску со стапеля ОАО «Невский ССЗ»

ОАО КБ «ВЫМПЕЛ»

Успешным продолжением деятельности КБ «Вымпел» в деле создания судов экологического мониторинга и контроля радиационной обстановки, локализации последствий аварийных разливов агрессивных сред стало подписание 6 октября акта о принятии катера ПСК-1412 в состав ВМФ. Бывший санитарный катер Северного флота польской постройки пр. СК-620/II был переоборудован в ОАО «Мурманский СРЗ». На катере длиной 33 м, водоизмещением 260 т, имеющем скорость до 11 уз, установлены комплекс экологического контроля водной среды «Гребешок», оборудование по локализации и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, включая катер-бонопостановщик ВВ-100 и 560 м бонов постоянной плавучести БПП-600, а также необитаемый телеуправляемый подводный аппарат ФИШ-106. Получаемая информация об экологической обстановке отображается на электронных картах. Данные поступают при движении катера или при отборе проб с глубин до

100 м. Обеспечивается обнаружение гамма-излучающих радионуклидов, измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в поверхностном слое воздуха; определение удельной активности гамма- и бета-излучающих радионуклидов в пробах воды из приповерхностного и придонных слоев, а также донного грунта, автоматическое обнаружение на поверхности воды пленок нефти и нефтепродуктов. Видеонаблюдение и документирование подводной обстановки может осуществляться на глубинах до 150 м с помощью подводного аппарата. Измеряются химико-физические параметры воды, концентрация загрязняющих веществ и др.

Катер экологического контроля ПСК-1412

* * *

23 октября после успешных испытаний государственной комиссией был подписан акт приемки десантного катера пр. 1176, разработанного ОАО КБ «Вымпел». Основные характеристики катера следующие: габаритная длина с поднятой аппарелью 24 м, ширина 5,2 м, высота борта на миделе 2,4 м, средняя осадка 1,5 м, грузоподъемность до 50 т, скорость 9,3 уз, мощность энергетической установки 2 х 110 кВт. Серийный заказ на постройку катеров передан ОАО «Сокольская судоверфь».

ОАО «ВОЛГОГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Филиал ОСАО «Ингосстрах» в Волгограде заключил договор страхования судов с ОАО «Волгоградский судостроительный завод». По договору судно «Танкер-химовоз-351» застраховано на время буксировки из Волгограда в Санкт-Петербург и далее в Таллин.

Десантный катер пр. 1176 (ОАО КБ «Вымпел»)

Страховая сумма составляет 12 млн дол. Судно застраховано «с ответственностью за полную гибель и повреждения». Полис покрывает убытки вследствие полной гибели судна или расходы по устранению повреждений корпуса, механизмов, машин, оборудования; убытки вследствие пропажи судна без вести; убытки, расходы и взносы по общей аварии по доле судна; необходимые и целесообразные расходы по спасанию судна; необходимые и целесообразные расходы по предотвращению/уменьшению убытков или установлению их размера. «Ингосстрах» и ОАО «ВСЗ» имеют давний опыт сотрудничества на уровне головных организаций. Заключенный договор является первым опытом сотрудничества на региональном уровне.

ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

«Северсталь» развивает производство сталей для судостроения. «За три квартала 2009 г. отгружено более 32,5 тыс. т судостали с высокими качественными характеристиками, в том числе корпусной особой прочности», — сообщил директор по сбыту ЧерМК «Северсталь» Д. Ю. Горошков. При этом увеличиваются отгрузки на предприятия оборонного значения — за данный период в ОАО ПО «Севмаш» отгружено на 35% проката больше, чем за аналогичный период прошлого года. За это же время значительно увеличился объем отгрузки в адрес ОАО «Завод "Красное Сормово"», ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО СЗ «Красные баррикады».

Астраханское судостроительное производственное объединение спустило на воду корпус траншеекопательной баржи «Castoro-16», построенной по заказу компании Northern Caspian Service Company. Баржа, имеющая длину 136,5 м, ширину 27 м и высоту борта 6,5 м, будет использоваться на месторождении Кашаган в Северном Каспии. Проектирование баржи выполнило ОАО ЦКБ «Коралл», входящее, как и АСПО, в Группу «Каспийская Энергия»

ОАО ПСЗ «ЯНТАРЬ»

27 ноября состоялся спуск на воду первого из серии кораблей, строящихся для ВМС Индии корабелами ОАО ПСЗ «Янтарь». В церемонии приняли участие генеральный консул Индии в Санкт-Петербурге Радхика Лал Локеш, военно-морской атташе Индии в России Сурей Кумар Гревал, глава администрации Калининграда Феликс Лапин, командующий Балтийским флотом Виктор Чирков, представители Федеральной службы по военно-техническому сотрудничеству, ФГУП «Рособоронэкспорт», проектных и промышленных предприятий.
В речах высоких гостей было отмечено особое значение данного заказа в плане развития российско-индийских отношений, отечественного судостроения, калининградского региона и завода «Янтарь». Генеральный директор завода Игорь Орлов дал следующую оценку происходившему в этот день на стапеле: «Как бы сложно нам ни было, мы это сделали!»
На праздник пришло большое количество заводчан, многие были с семьями

Четвёртый фрегат пр.11356 получил название «Тег» («Сабля»). Этим именем его нарекла госпожа Локеш, ставшая крёстной матерью корабля с индийской стороны. В соответствии с индийской традицией она украсила форштевень праздничной гирляндой и расколола об него кокосовый орех. Затем была разбита и традиционная бутылка шампанского.
Это двойное крещение стало сигналом к спуску на воду фрегата.
Второй фрегат будет назван «Tarkash» («Колчан»), третий — «Trikand» («Лук»).
Сдача кораблей запланирована на 2011—2012 гг.

Следует отметить, что первая опытная партия высокопрочного листа из специальной судостроительной стали была направлена в адрес Севмаша в начале января 2002 г. Специалистами «Северстали» и ЦНИИ КМ «Прометей» создана сквозная технология производства этого нового вида листового проката. Высокое качество металла достигнуто за счет применения новых способов внепечной обработки жидкой стали и термической обработки готовых листов и подтверждено результатами расширенных испытаний, проведенных с участием проектантов, изготовителей и военных специалистов. С 2003 г. такой прокат уже выпускается в промышленных объемах.

АГТУ

На базе Астраханского государственного технического университета (АГТУ) открылась новая кафедра «Судостроение и энергетические комплексы морской техники». Открытие кафедры — результат договора о сотрудничестве между АСПО и АГТУ в сферах образовательной, научно-технической и производственной деятельности. Условия договора подразумевают целевую контрактную подготовку студентов по специальностям в соответствии с потребностью АСПО, а также переподготовку и повышение квалификации сотрудников предприятия. Аналогичная кадровая корпоративная программа будет реализована и в ЗАО КБ «Астрамарин» (входит вместе с АСПО в Группу «Каспийская Энергия»).

Генеральный директор АСПО Константин Марисов подчеркнул стратегическую значимость инвестирования бизнеса в образование: «Реализуя данный проект, мы планируем повысить мотивацию работы в судостроении у выпускников профильных специальностей и обеспечить высокопрофессиональными научными и производственными кадрами предприятия АСПО». Для комплексной реализации этих целей в структурах АСПО и «Астрамарин» будет организована кафедра «Судостроение и энергетические комплексы морской техники», которая обеспечит непосредственную связь учебного процесса с проектной и производственной деятельностью предприятий.

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

СЕМЬ ДЕСЯТИЛЕТИЙ СЕВМАША

21 декабря крупнейшая судостроительная верфь страны отмечает свое 70-летие. Сегодня Севмаш известен своими рекордными достижениями в атомном подводном кораблестроении, а в далеком 1936 г. на берегу Северной Двины у стен древнего Николо-Корельского монастыря только высадились первостроители будущего завода-гиганта и города. Менее чем за три года были возведены основные цехи предприятия, и уже 21 декабря 1939 г. состоялась закладка линкора «Советская Белоруссия».

Генеральный директор ОАО ПО «Севмаш» Н. Я. Калистратов

Развитие Севмаша определили несколько исторических моментов. Это, прежде всего, само решение о строительстве на севере в очень выгодном, с точки зрения географии и геополитики, месте крупнейшего военного судостроительного предприятия, а через 15 лет — и крупнейшего судоремонтного завода. Как мне представляется, это было самым рациональным и оптимальным решением наших предшественников.

В истории Севмаша было много знаменательных событий, но особая страница в жизни крупнейшей верфи страны — создание в 1958 г. первой атомной подводной лодки (АПЛ) «Ленинский комсомол». В 1969 г. появилась первая титановая АПЛ, так называемая «Золотая рыбка», установившая мировой рекорд подводной скорости.

Неординарное явление — постройка самой большой и самой грозной в мире АПЛ пр. 941, к которой с уважением относятся наши зарубежные партнеры. Нельзя не сказать и об очень большой и эффективной «золотой серии» подводных ракетоносцев проектов 667А, 667Б, 667БД, 667БДР, 667БДРМ. Каждый из них был лучше предыдущего. Военные моряки считают эту серию выдающегося конструктора дважды Героя Социалистического Труда Сергея Никитича Ковалева поистине уникальной.

За 70 лет производственной деятельности Севмаш сдал Военно-Морскому Флоту 35 дизель-электрических и 129 атомных подводных лодок. Труд заводчан получил достойную оценку: среди корабелов 22 Героя, более 15 тысяч работников удостоены высоких правительственных наград.

Сегодня предприятие осваивает новые рубежи — активно строятся АПЛ нового поколения, у набережной достраивается первая в мире уникальная морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная», по соглашению с Индией ремонтируется и модернизируется в современный авианосец крейсер «Vikramaditya», выполняется большой объем работ по машиностроению. Мы и в дальнейшем готовы браться за интересные масштабные проекты. Мировая практика подтверждает: такие большие заводы, как наш, должны заниматься выпуском и военной, и гражданской продукции. Существуют два указа Президента страны, согласно которым мы должны участвовать в освоении Арктики, добыче полезных ископаемых, в первую очередь углеводородов. Здесь мы находимся на переднем крае. Кроме того, Севмаш может строить суда любых классов.

У нас уже есть хороший опыт в сфере производства продукции для нужд добывающих компаний. Для Италии и Англии построены две плавучие полупогружные платформы при участии и по проектам норвежской компании MOSS Maritime AS. Заказчики довольны. Уникальный опыт получен при строительстве МЛСП «Приразломная». У нее была непростая судьба: неритмичное финансирование, пять изменений проекта, смена нескольких проектантов. Но, несмотря на сложности, строительство этой платформы будет закончено.

Я думаю, что 30—40% объемов нашего производства будет приходиться на объекты нефтегазового комплекса. Сегодня мы боремся за то,

чтобы Севмаш взял на себя сборку добычного судна для Штокмановского газового месторождения. Это большое сооружение (длина 330 м, ширина 60 м, масса более 100 тыс. т) будет производить очистку и подготовку газа непосредственно на месторождении.

Нам нужно создать такие монтажные площадки, чтобы они были на уровне южнокорейских. Тогда мы будем собирать конструкции из модулей, которые могут быть доставлены из Южной Кореи, Норвегии, Франции, из Выборга, со «Звездочки», из Санкт-Петербурга. Севмаш имеет прямой выход в акваторию, а это лучший вариант для такой технологии. Отсюда легче и дешевле транспортировать платформы и другие сооружения на место добычи нефти и газа. Вот в этой области мы должны укреплять наши знания, технологическую оснащенность и увеличить производительность. Это будет действительно эффективная работа. Северный центр судостроения и Объединенная судостроительная корпорация в этом направлении ведут активную работу. И я надеюсь, что результаты будут.

Но успешное развитие предприятия зависит не только от новых контрактов и заказов. Структуру самого Севмаша также необходимо постоянно совершенствовать. На заводе следует привести в соответствие количество работников вспомогательных служб с количеством рабочих основного производства. Еще одна важная задача — привлечение грамотной молодежи. Требуется сохранить существующую систему завод—втуз и военно-морскую кафедру.

Сегодня Севмаш уверенно смотрит в будущее: у завода есть интересные перспективные заказы, хорошая производственная база, предприятие находится под пристальным вниманием руководства страны, но самое главное достояние завода — профессиональный коллектив рабочих и специалистов, которым по плечу любые задачи!

Н. Я. Калистратов,
генеральный директор ОАО ПО «Севмаш»

Все фотоснимки в этой и остальных статьях по Севмашу — из архива ОАО ПО «Севмаш».

Панорама Севмаша

ИМЯ В СУДОСТРОЕНИИ

О производственных программах Севмаша Президенту России Д. А. Медведеву рассказывает Н. Я. Калистратов

Крупнейшая верфь России — Севмаш — сегодня находится на острие политических и производственных вопросов. Тяжелейший кризис 90-х годов, когда власти страны практически отвернулись от «оборонки», бросив ее на произвол судьбы, преодолен. И сейчас Севмаш вновь возвращает себе статус флагмана отечественного судостроения. С 2007 г. у руля уникального предприятия, строящего атомные подводные лодки, стоит Николай Яковлевич Калистратов. Он прошел хорошую производственную школу на машиностроительном предприятии «Звездочка», за 15 лет в должности генерального директора вывел этот завод на передовые позиции в области ремонта и модернизации подводных и надводных кораблей. Производственник, политик, обладатель орденов «За заслуги перед отечеством» IV и III степеней, директор, удостоенный звания Почетный гражданин Северодвинска, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, кандидат технических наук, автор нескольких десятков научных работ и вместе с тем ценитель русской классической литературы... Напряженный график у десятого директора северодвинской верфи. Во всех делах и начинаниях его поддерживает не только коллектив предприятия, но и дружная семья. Трудовые биографии жены Валентины Николаевны и дочерей Надежды и Анастасии также неразрывно связаны с кораблестроением и нефтегазовым направлением. Сестра Александра Яковлевна закончила известную ленинградскую "Корабелку". Продолжают династию Калистратовых замечательные внучки — двойняшки Анна и Александра.

Не зря говорят: о человеке можно судить по его окружению. Люди, когда-либо работавшие с Николаем Яковлевичем, сегодня являются руководителями, от которых зависит развитие судостроения и жизнедеятельность города Северодвинска. В. С. Никитин, возглавлявший проектно-конструкторское бюро «Онега», теперь руководит Центром судоремонта «Звездочка», И. А. Орлов, в прошлом заместитель генерального директора предприятия «Звездочка», выводит на новый уровень калининградский завод «Янтарь», от решений, принимаемых мэром М. А. Гмыриным — ранее профсоюзным лидером «Звездочки», — зависит будущее города корабелов. М. А. Старожилов, прежний пресс-секретарь Н. Я. Калистратова, — теперь возглавляет пресс-службу Администрации Северодвинска. Штрихи к портрету Николая Яковлевича в канун его дня рождения вносят сегодняшние коллеги — руководители Севмашпредприятия.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА СЕВМАША — НАЧАЛЬНИК ПДО М. А. БУДНИЧЕНКО. 2 января Николай Яковлевич отмечает 60-летие. Цифра солидная, дающая право говорить о юбиляре как о состоявшемся крупном руководителе, сильном производственнике, грамотном директоре крупнейшей верфи страны. Для того, чтобы управлять такой мощью — 26-тысячным коллективом, создающим подводные корабли — элиту российского флота, — необходимо не только хорошо знать производство, но и быть политиком. Николай Яковлевич — человек государственного масштаба и мышления.

С первого дня Севмаш почувствовал руку нового руководителя. Возрождение планово-диспетчерского отдела, укрепление экономической службы, твердая ценовая политика в отношении заказов — эти шаги, предпринятые Николаем Яковлевичем, сегодня дают заметные результаты. Уменьшился долг предприятия за взятые ранее кредиты, растет заработная плата, увеличивается доля основных производственных рабочих на предприятии. Но впереди еще много вопросов, требующих скорейшего разрешения. Хочется пожелать Николаю Яковлевичу сил, такого же напора в решении производственных задач и, конечно, здоровья!

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО ИНЖЕНЕРА СЕВМАША О. Н. КУЗНЕЦОВ. Как и подобает руководителю такого ранга, Николай Яковлевич строг, но справедлив. Благодаря его кипучей энергии и трудоспособности, Севмаш за последние годы заметно продвинулся в решении многих проблем, в том числе и вопросов проектирования, создания центра морских платформ для добычи нефти и газа. Н. Я. Калистратов находится в постоянном поиске достойной работы для предприятия, пытаясь вывести его на должный уровень. При всей своей занятости он выкраивает время для чтения научно-популярной литературы, периодики. Уделяет внимание ветеранам и молодежи. Более того, Николай Яковлевич также является депутатом Областного собрания Архангельской области, что немаловажно для директора такого предприятия, как Севмаш. Сегодня в решение производственных проблем активно вмешивается политическая составляющая. И Николай Яковлевич с присущим ему напором в сочетании с качествами тонкого политика отстаивает позиции предприятия.

Во время посещения Севмаша Председателем Правительства России В. В. Путиным

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА ПО ЭКОНОМИКЕ И ПРОГРАММАМ РАЗВИТИЯ СЕВМАША Э. С. БОРИСОВ. Я познакомился с Николаем Яковлевичем в феврале 1986 г. в Москве на профсоюзном съезде работников судостроительной промышленности. Мы были делегатами от судостроителей Архангельской области. Николай Яковлевич был недавно назначен главным инженером предприятия «Звездочка». В свои 36 лет он производил впечатление матерого производственника нового поколения: высокоэрудированного, разбирающегося не только в тонкостях своей профессии, но и глубоко чувствующего общественные настроения, назревавшие в стране политические и экономические перемены.

С годами я утвердился во мнении, что за внешней суровостью Николая Яковлевича, порой его чрезмерной требовательностью к подчиненным, стоит человек, глубоко переживающий не только за выполнение плана, но пытающийся разглядеть в каждом человеке личность, помочь ему при необходимости, предостеречь от возможных ошибок на производстве, в общественной и личной жизни.

У Николая Яковлевича многому можно поучиться. К примеру, у него есть принцип: на ту или иную руководящую должность ставить только самого сильного претендента, все остальное — старое знакомство, ходатайства со стороны, землячество и прочее — в расчет им не берется. Или давать оценку коллективам и отдельным работникам по конечным результатам труда: важен не процесс, а конечный продукт. Высокая эрудиция Н. Я. Калистратова не раз поражала коллег. В критической ситуации он может к месту процитировать и Пушкина, и Высоцкого.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА ПО УПРАВЛЕНИЮ ПЕРСОНАЛОМ СЕВМАША В. Р. УГРЮМОВ. С Николаем Яковлевичем я знаком давно: еще с начала 80-х годов, когда мы оба только начинали свой путь на предприятии «Звездочка». На какие бы руководящие должности ни назначали Николая Яковлевича, он всегда проявлял себя как технически грамотный специалист, вникающий во все тонкости производства. И если возникала критическая ситуация, он пытался ее разрешить без конфликтов. Но наиболее ярко характер крупного руководителя — Н. Я. Калистратова — проявился в самые сложные для «Звездочки» перестроечные годы. Критическое время для «оборонки» обернулось отсутствием работы для предприятия и, соответственно, зарплаты. Николаю Яковлевичу — генеральному директору, которого на эту должность избрал трудовой коллектив, — потребовалось немало сил, нервов и напора, чтобы «пробить» в федеральных органах гособоронзаказ, его финансирование. Но, даже выполнив его, часто предприятие от государства денег не получало. И Николаю Яковлевичу приходилось вновь все силы бросать на решение этого вопроса.

Несмотря на тяжелую обстановку, Николай Яковлевич всегда шел навстречу трудовому коллективу в решении различных социальных проблем. Старался помочь каждому обратившемуся к нему. Конечно, численность рабочих предприятия в это время сократилась, но, замечу, не было ни одного случая, чтобы дело дошло до конфликта. Как хороший организатор, Николай Яковлевич сумел сплотить вокруг себя коллектив, способный решать производственные задачи. Кстати, уже в 1997 г. предприятие почти не имело долгов по зарплате.

Сегодня те качества, которые Николай Яковлевич приобрел на «Звездочке», ему очень помогают на Севмаше. Он принял предприятие в сложной ситуации: были проблемы по танкерам, нет ясности в ценовом вопросе по авианосцу «Викрамадитья», мегаяхтам. Но, тем не менее, уже виден результат его деятельности: на крупнейшую верфь страны обратило внимание Министерство обороны РФ и Президент России. В канун юбилея хочется пожелать Николаю Яковлевичу железного здоровья и сил в решении этих проблем, чтобы Севмаш нашел свою нишу по другим производственным направлениям и вновь подтвердил высокое звание ведущего предприятия отрасли.

P. S. Несколько лет назад известный академик Игорь Дмитриевич Спасский, говоря о руководителях Севмаша, заметил: предприятию всегда везло на директоров. Семь десятилетий отсчитала северодвинская верфь со дня своего основания. 10 талантливых и ярких руководителей стояли во главе Севмаша. Каждому был присущ особый стиль руководства, стиль, способный выводить предприятие на новые, ранее неизведанные рубежи. Николай Яковлевич, безусловно, стоит в одном ряду с такими директорами. У него накоплен огромный опыт и знания, есть уверенность и спокойствие, воля и целеустремленность в достижении результатов. Трудовой коллектив Севмаша поздравляет Николая Яковлевича и желает ему здоровья и долгого созидательного труда!

ПЛАТФОРМА ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

В. В. Бородин, заместитель генерального директора
ОАО ПО «Севмаш»

УДК 629.563.2

Освоение месторождений углеводородов на шельфе России является важной стратегической задачей, от решения которой в значительной степени зависят экономическое положение и безопасность страны. По современным данным, только Баренцево море таит в недрах 36% всех шельфовых ресурсов нефти и газа России. Запасы на площади 1,4 млн км^2 оцениваются в 28 млрд т условного топлива. Обустройство и вовлечение в хозяйственный оборот нефтегазовых месторождений арктического шельфа требуют создания комплекса сложных, уникальных инженерных сооружений, обусловленных требованиями эксплуатации в условиях Крайнего Севера и включающих средства добычи, транспортировки, а также переработки углеводородного сырья. Выпуск этой продукции может сравниться с таким технологически сложным процессом, каким является производство подводных лодок.

Резкое изменение объемов государственного заказа вынудило Севмаш искать новую продукцию, способную обеспечить долговременную загрузку производства. Внимание было обращено на оффшорный бизнес, требующий сложного, наукоемкого, высокотехнологичного производства. Причем начало было положено с опыта обустройства наземных месторождений. Так, с 1990 г. Севмаш изготавливает оборудование (пылеулавливатели, сепараторы, реакторы, опреснители, нагнетатели, теплообменники, устьевое оборудование, вертлюги и др.) и сооружения для морских и наземных месторождений нефти и газа (технологические и жилые модули, насыщенные сложным оборудованием, трубопроводные обвязки, компенсаторы, эстакады, резервуары и др.).

Успешно эксплуатируются на месторождении Харьяга изготовленные, испытанные и смонтированные по договору с компанией «Халлибуртон» (США) технологические модули станции ранней добычи нефти для компании «Тоталь» (Франция). Генеральный проектант — фирма «Браун энд Рут» (Великобритания), рабочее проектирование — ПКБ «Севмаш», специалисты которого принимали участие в монтаже на месторождении модулей импортного технологического оборудования, а также модульных комплексов жилого и санитарно-бытового назначения, изготовленных на Севмаше. Всего с 1998 г. было изготовлено 280 бытовых и технологических модулей и блоков различного назначения для обустройства Тединского, Ошкатынского, Ардалинского, Дюсушевского, Восточно-Колвинского, Песчаноозерского, Крапивинского месторождений для компаний «Роснефть», «Лукойл», «Сургутнефтегаз», «Юганскнефтегаз», «Мегионнефтегаз», «Транснефть», «Сибнефтепровод», «Севергазпром», «Сургутгазпром», «Полярное сияние». Компетентность Севмаша и качество производимой продукции и выполняемых работ подтверждены необходимыми лицензиями, сертификатами, аттестатами на проектирование, изготовление и диагностику оборудования для нефтяной, газовой, нефтехимической и других отраслей промышленности, выданными как российскими (Ростехнадзор РФ, Российский морской регистр судоходства и др.), так и зарубежными организациями (Germanischer Lloyd, Lloyd's Register of Shipping, Det Norske Veritas и др.).

В январе 1992 г. глава Российского научного центра «Курчатовский институт» академик Е. П. Велихов от имени руководителей предприятий подводного кораблестроения предложил Президенту РФ использовать освобождающиеся в результате конверсии производственные мощности для освоения морских месторождений нефти и газа в Арктике. Предложение получило полную поддержку.

В указе Президента от 23 мая 1996 г. № 765 Государственный российский центр атомного судостроения в Северодвинске был определен в качестве генерального подрядчика по изготовлению морских нефте- и газодобывающих платформ для освоения месторождений нефти и газа на континентальном шельфе Арктики.

В этот же период началась подготовка предприятия к строительству морской техники для обустройства месторождений на шельфе. В рамках совместного партнерства с ОАО «Газпром» и за счет собственных средств в обеспечение строительства морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) проведена модернизация производственных мощностей, позволившая освоить новое направление деятельности — строительство буровых платформ для арктических условий.

Созданный потенциал позволил параллельно со строительством МЛСП построить и сдать в 2007 и 2008 гг. две плавучие полупогружные платформы MOSS CS50, на которых может размещаться буровое, энергетическое и другое оборудование, и успешно изготовить для МП «Звездочка» конструкции самоподъемной плавучей буровой установки (СПБУ) «Арктическая» водоизмещением 16 350 т, строящейся по заказу ООО «Газфлот».

Проект строительства МЛСП «Приразломная» (кстати, первый в России) создавался не просто. Менялись проектанты, инвесторы, несколько раз существенно корректировался сам проект. Но, несмотря на все сложности и проблемы, благодаря усилиям заказчика и генерального подрядчика, сегодня он находится на стадии завершения.

МЛСП «Приразломная» предназначена для добычи, первичной переработки и отгрузки нефти с морского месторождения Приразломное, расположенного в юго-восточном районе Баренцева моря (известном также как Печорское море) на шельфе, примыкающем к равнинному побережью Большеземельской тундры, в 55 км к северу от поселка Варандей. МЛСП «При-

Морская стационарная ледостойкая платформа «Приразломная» у достроечной набережной Севмаша

разломная» представляет собой уникальный по конструкции и сложный нефтедобывающий инженерный комплекс (размеры 126 х 126 х 141 м, масса около 250 тыс. т). Платформа — гравитационного типа, состоит из опорного основания (кессона) и верхнего строения, включающего жилой модуль, комплексы для бурения, добычи, хранения нефти и выработки электроэнергии. Она рассчитана на эксплуатацию в течение 25 лет в экстремальных природно-климатических условиях при циклических нагрузках дрейфующих льдов.

МЛСП «Приразломная» обеспечивает:

• добычу нефти в течение 25 лет с арктического морского шельфа на расстоянии 55 км от берега и глубине моря 19 м при температуре воздуха до минус 43 °С;

• работу в условиях воздействия ледовых полей (толщина льда до 2 м, общая ледовая нагрузка до 45 тыс. т). Прочность корпуса обеспечивается применением высокопрочной хладостойкой стали толщиной 37 мм, плакированной слоем нержавеющей стали толщиной 5 мм, а также заливкой межбортного пространства бетоном;

• свою устойчивость на месторождении и предотвращение подмыва грунта за счет укладки каменной бермы размерами 180х180х2,5 м общей массой 92 тыс. т;

• условия для работы и проживания до 200 чел. обслуживающего персонала;

• бурение 40 наклонных и вертикальных скважин, а также горизонтальных с отклонением по горизонтали до 7000 м;

• ежегодную добычу и первичную переработку до 6,59 млн т нефти при общих извлекаемых запасах месторождения до 70 млн т;

• хранение в танках около 130 тыс. $м^3$ нефти;

• отгрузку нефти в танкеры со скоростью до 10 тыс. $м^3$/ч;

• выработку электроэнергии от трех газотурбогенераторов мощностью по 28 МВт;

• базирование вертолетов;

• противопожарную защиту с использованием новейших средств пожаротушения и противопожарных покрытий;

• использование специальных мостов и шлюпок для эвакуации персонала;

• экологическую чистоту за счет высокотехнологичной системы переработки на условиях «нулевого сброса» и струйных рыбозащитных устройств;

• получение, хранение, переработку и отгрузку нефти, которая может поступать с других месторождений.

В процессе строительства Севмаш приобрел бесценный опыт по изготовлению уникальных конструкций, подготовил сотни специалистов, разработал и освоил десятки новых технологий, ранее не применявшихся в России, в том числе сборочно-сварочные работы при изготовлении конструкций из хладостойких сталей, стыковку и сварку крупногабаритных конструкций на плаву. Реализации стыковки крупногабаритных суперблоков МЛСП «Приразломная» (длиной 126 м и высотой 24,3 м, длина сварных швов на одном стыке между суперблоками — 4,5 км) на воде предшествовал комплекс работ по созданию новых технологий и проектированию специальных устройств и приспособлений. С целью проверки правильности принятых технических решений на твердом основании в гидроузле проведена контрольная сборка двух средних суперблоков опорного основания. Выполнен монтаж направляющих и центрирующих устройств, конструкций устройства герметизации стыка. Последующие суперблоки изготавливались с учетом ранее изготовленных путем обмера конструкций с применением новейших оптических систем.

В настоящее время в основном закончены работы по формированию металлоконструкций и систем трубопроводов кессона (около 70 тыс. т, техническая готовность 97%) и металлоконструкций промежуточной палубы (около 8 тыс. т). Близко к завершению строительство верхнего строения платформы, ведется монтаж оборудования, после чего на акватории предприятия проведут испытания систем и платформу отбуксируют в Мурманск для балластировки бетоном.

Строительство МЛСП «Приразломная» позволило создать задел по подготовке предприятия к строительству морской техники для обустройства последующих месторождений на шельфе. Таким образом, на базе оборонных предприятий Северо-Западного региона России действует гражданский промышленный комплекс по строительству морской техники для месторождений арктического шельфа. В ближайшей перспективе предстоит постройка плавучих и подводных объектов для Штокмановского газоконденсатного месторождения.

СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБЪЕКТОВ ПРИЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО ПО «СЕВМАШ»

А. В. Алсуфьев, главный инженер ОАО ПО «Севмаш»
В. А. Жепетов, зам. начальника ПКБ, **А. А. Сивков,** ведущий инженер-конструктор ПКБ (ОАО ПО «Севмаш»)

УДК 62-827:629.5

Запасы углеводородного сырья на планете ограничены, и мировое сообщество крайне заинтересовано в развитии энергетических проектов на основе возобновляемых источников энергии. Один из таких источников — энергия приливов Мирового океана, освоение которой может стать залогом энергетической безопасности в эпоху истощения традиционных энергоресурсов.

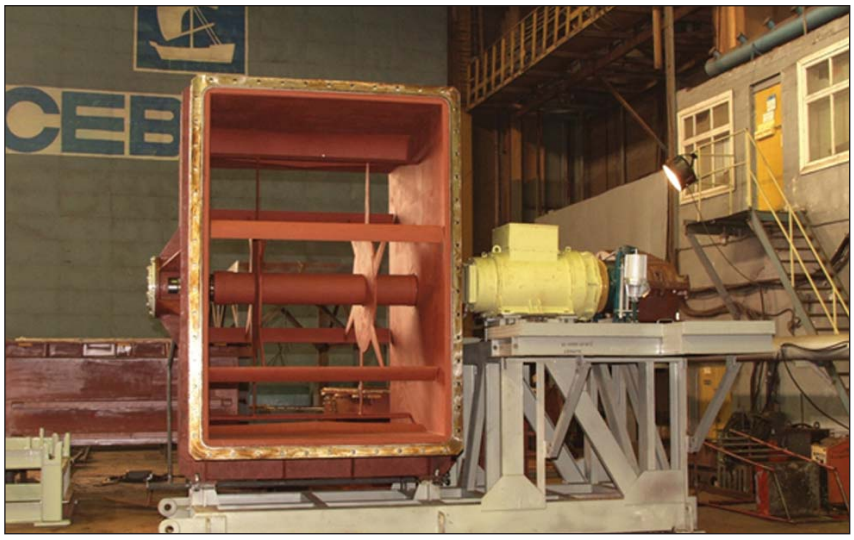


Рис. 1. **Гидроагрегат (ОГА-2,5) с ортогональной горизонтальной турбиной**

Запасы приливной энергии в России, оцениваемые в 120 ГВт при выработке 270 ТВт·ч в год, сосредоточены преимущественно в нескольких створах на побережьях Белого, Баренцева и Охотского морей. Основной энергопотенциал европейской части России сконцентрирован в Мезенском заливе Белого моря, где можно построить приливную электростанцию (ПЭС) мощностью до 19,2 ГВт с выработкой 52 ТВт·ч в год.

Преимущества энергии приливов перед традиционными источниками энергии — возобновляемость и постоянство ее величины, независимо от времени года, метеорологических и других факторов, а также экологическая и техническая безопасность.

К особенностям приливной энергии относятся: ее сосредоточение на локальных участках побережий, где в силу географического положения и топографии наблюдаются высокие приливы и есть створы, в которых возможно сооружение ПЭС (в настоящее время на побережье Мирового океана изучено около 120 створов, пригодных для строительства крупных ПЭС); дискретность приливной энергии, связанная с цикличностью приливов в течение суток и месяца (за время одного 6-часового цикла современная ПЭС может работать в энергосистеме в течение 4 ч); низкие значения расчетных напоров (4—6 м), что связано с величиной прилива.

Длительное время развитие приливной энергетики в мировом масштабе сдерживалось следующими факторами: высокая стоимость гидросооружений, необходимость создания строительной инфраструктуры на месте эксплуатации; сложность и значительная стоимость применяемых поворотно-лопастных осевых турбин; относительно низкий КПД перспективных ортогональных гидротурбин двойного действия типа ротора Дарье.

За последние десятилетия отечественной школой гидротехников и энергетиков разработан и реализован ряд принципиально новых технических решений, которые позволяют сегодня вернуться к идее широкомасштабного использования приливной энергии. К числу таких решений относятся:

Рис. 2. **НЭБ выводится со стапеля цеха № 50**

Рис. 3. **НЭБ на акватории предприятия**

Рис. 4. **Буксировка НЭБ (Ура-губа, Мурманская обл.)**

• разработка наплавного способа строительства крупных сооружений на морском шельфе, в том числе с использованием металлобетонных наплавных блоков ПЭС заводского изготовления;

• создание строительных материалов, устойчивых к воздействию переменного уровня морской воды и арктического климата, а также способов антикоррозионной защиты и защиты от биологического обрастания строительных конструкций и оборудования ПЭС;

• создание ортогональной гидротурбины. Это — быстроходная поперечноструйная реактивная турбина двойного действия, которая наиболее эффективна для характерных в условиях ПЭС низких напоров. Удешевление гидроагрегатов достигается благодаря тому, что ортогональная турбина конструктивно проще осевой, менее металлоемка, технологична в изготовлении и в одном гидроагрегате на общем валу могут располагаться две и более турбин;

• разработка модели работы ПЭС в крупной энергосистеме с полной компенсацией дискретной выработки ПЭС (эта модель заложена во все современные проекты крупных ПЭС).

Более 40 лет назад в губе Кислой Баренцева моря была введена в эксплуатацию первая в России приливная электростанция — экспериментальная Кислогубская ПЭС, здание которой, по предложению главного инженера проекта и строительства Л. Б. Бернштейна, было впервые в мировой практике гидроэнергетического строительства сооружено наплавным способом (без перемычек).

На Кислогубской ПЭС в одном из двух ее водоводов был установлен приобретенный во Франции капсульный гидроагрегат с диаметром рабочего колеса 3,3 м. Второй водовод специально оставили пустым (использовался как донный водовод) с целью установки в нем в будущем нового отечественного гидроагрегата, конструкция которого должна была привести к кардинальному сокращению стоимости гидросилового оборудования ПЭС.

Первый серьезный шаг на современном этапе развития приливной тематики был сделан в 2004 г., когда специалистами Севмаша совместно с учеными Научно-исследовательского института энергетических сооружений (НИИЭС, Москва) был спроектирован и изготовлен гидроагрегат с ортогональной горизонтальной турбиной с диаметром рабочего колеса 2,5 м (рис. 1), который и был установлен в свободный водовод Кислогубской ПЭС. Общее руководство работами на Севмаше осуществляли главный инженер Ю. В. Кондрашов и заместитель генерального директора М. А. Будниченко. Группу ученых НИИЭС, принимавших участие в проекте, возглавлял Ю. Б. Шполянский. Гидроагрегат успешно прошел испытания в натурных условиях.

Логическим продолжением этих работ было предложение РАО «ЕЭС России» осуществить на Севмаше проект создания экспериментального наплавного энергоблока (НЭБ) с ортогональной гидротурбиной вертикального исполнения с диаметром рабочего колеса 5 м (ОГА-5) для отработки принципиальных решений, важных для дальнейшего развития приливной энер-

Рис. 5. **Посадка НЭБ на гидротехническое основание**

гетики России (проект «Малая Мезенская ПЭС»).

В исключительно сжатые сроки специалисты проектно-конструкторского бюро Севмаша под руководством заместителя главного конструктора В. А. Жепетова выполнили технический и рабочий проекты НЭБ с габаритами 33х10х15,35 м, в конструкцию которого по опыту эксплуатации Кислогубской ПЭС были внесены изменения с целью повышения КПД гидроагрегата за счет улучшения гидродинамических характеристик турбины.

Технический и рабочий проекты, включая расчетную часть, были согласованы с заказчиком и одобрены Российским морским регистром судоходства. Вся документация в процессе разработки была «отехнологожена» коллективом специалистов научно-технологического управления предприятия под руководством В. Н. Никитина, что значительно ускорило ее запуск в производство.

Сроки изготовления блока тоже были рекордными, даже для такого гиганта, как Севмаш. Днищевые секции энергоблока заложили на стапеле 5 мая 2006 г., а 18 ноября того же года на торжественный вывод НЭБ из цеха (рис. 2) приехали председатель правления РАО «ЕЭС России» А. Б. Чубайс, полномочный представитель Президента РФ в Северо-Западном федеральном округе И. И. Клебанов и другие официальные лица.

Строительство НЭБ велось по сложившейся на предприятии организационно-технологической схеме под надзором Российского морского регистра судоходства. Руководил работами заместитель генерального директора В. В. Бородин. При строительстве и испытаниях НЭБ отличились коллективы цехов верфи под руководством Е. И. Ордина, А. В. Алсуфьева (ныне — главный инженер ОАО ПО «Севмаш»), А. Е. Москина, И. Д. Шимчука. Большой вклад в осуществление проекта внесли начальник отдела строительства платформ Н. В. Широких, заместитель главного инженера Б. И. Антошин, главный конструктор — начальник проектно-конструкторского бюро Б. П. Суетин, ведущий инженер конструктор А. А. Сивков, руководители подразделений ПКБ С. В. Глазачев, В. В. Ларионов, С. В. Горчаков, работники управления испытаний и сдачи заказов Н. В. Кузнецов, В. В. Михин, П. Н. Монько, технологи Д. В. Воробьев и В. Е. Медведева, заместитель главного сварщика Р. В. Бураков.

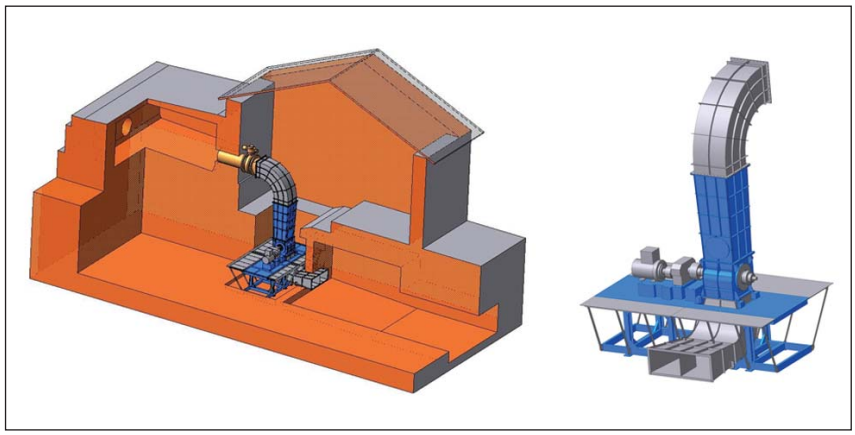


Рис. 6. **Проект здания Соловецкой ГЭС с гидроагрегатом ОГА-0,6**

В январе 2007 г. осуществили уникальный для северных широт перегон НЭБ на место эксплуатации в губу Кислую Мурманской области (рис. 3, 4) и посадку его на гидротехническое основание (рис. 5).

В течение 2007 г. наплавной энергоблок успешно прошел натурные испытания в составе Кислогубской ПЭС, подтвердившие КПД гидроагрегата на уровне 70%. В испытаниях принимали участие специалисты НИИЭС, «КолЭнерго» и Севмаша.

В 2006 г., в самый разгар работ по изготовлению НЭБ, Севмаш активно включился в работы по проектированию и изготовлению оборудования для гидроэлектростанции Соловецкого монастыря (рис. 6). За полтора года специалистами Севмаша был спроектирован и построен горизонтальный ортогональный гидроагрегат (ОГА-0,6), состоящий из гидротур-

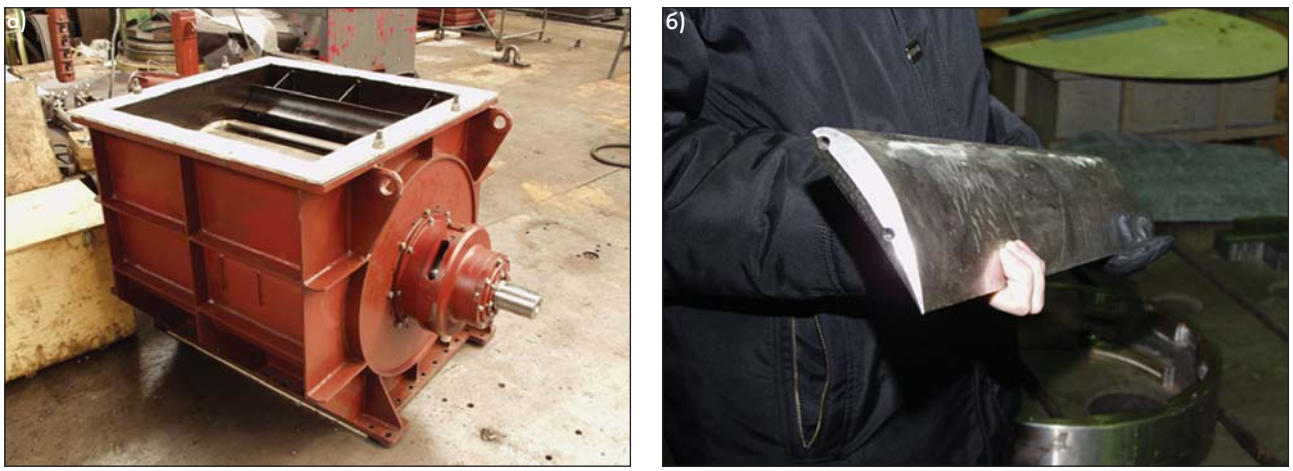


Рис. 7. **Гидротурбина ОГА-0,6 (*а*) и лопасть рабочего колеса (*б*)**

бины (диаметр рабочего колеса 600 мм), редуктора, генератора, тормоза, водоводов, рамы и площадок (рис. 7). В отличие от предыдущих и ныне разрабатываемых рабочих колес турбин, колесо ОГА-0,6 изготовлено из нержавеющей стали и не нуждается в каком-либо защитном покрытии, кроме того, оно не имеет вала, создающего дополнительное сопротивление потоку воды.

Гидроагрегат и все необходимые металлоконструкции для восстановления Соловецкой ГЭС были изготовлены и в летнюю навигацию 2008 г. отправлены на Соловки.

Успешное осуществление проектов Малой Мезенской ПЭС и Соловецкой ГЭС позволило приступить к проектированию Северной (губа Долгая Баренцева моря) и Мезенской ПЭС (Мезенская губа Белого моря).

ПЭС «Северная» проектируется на мощность 12 МВт. Ее основной генерирующий элемент — наплавной железобетонный энергоблок (рис. 8) — комплектуется тремя ортогональными гидроагрегатами с трехъярусным расположением рабочих колес (рис. 9) и устанавливается на тех же отметках основания (–28 м от теоретически наименьшего горизонта), которые существуют в базовых створах Мезенской и Тугурской ПЭС (Охотское море).

Проект Мезенской ПЭС будет создаваться с учетом результатов отработки проекта ПЭС «Северная». С целью уменьшения стоимости и сокращения сроков изготовления гидротурбин трехъярусных ОГА-5 по инициативе ОАО ПО «Севмаш» (В. В. Бородин, В. А. Жепетов, В. А. Кононов) и ОАО «НИИЭС» (Ю. Б. Шполянский, Б. Л. Историк, И. Н. Усачев) совместно с ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» (В. А. Малышевский) начаты работы по переводу заготовок сложнопрофильных лопастей, стоек рабочих колес и хвостовиков обтекателей, ранее подвергавшихся 100%-й механической обработке при изготовлении, в постановочный профиль, изготовление которого возможно как из прокатной стали, так и из современных легких и прочных конструкционных материалов. Есть все предпосылки считать, что данная проблема будет решена в ближайшее время и полученный экономический эффект станет особенно ощутим в дальнейшем при массовом изготовлении оборудования для крупной Мезенской ПЭС.

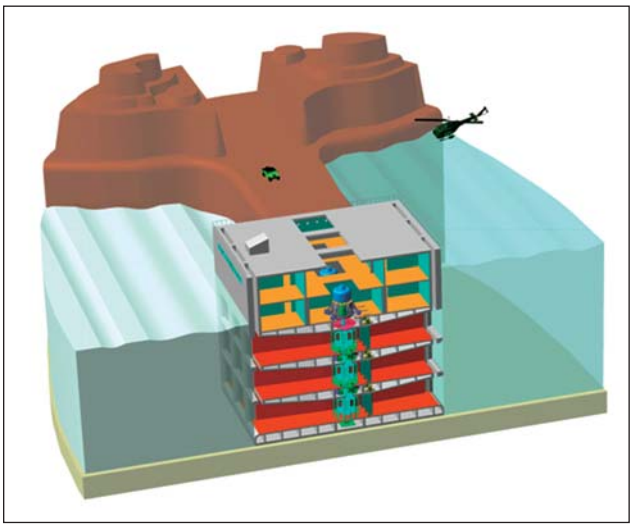


Рис. 8. **Проект бетонного НЭБ ПЭС «Северная» с тремя трехъярусными ортогональными гидроагрегатами**

Другая задача, решением которой занимаются специалисты ОАО ПО «Севмаш», — это применение в конструкции гидротурбин подшипников скольжения, что позволит значительно сократить металлоемкость, трудоемкость и сроки изготовления гидротурбин в целом.

Северная и Мезенская ПЭС в настоящее время рассматриваются как первоочередные объекты национальной приливной энергетики. Продвижение этих проектов становиться сегодня исключительно важной приоритетной задачей в реализации энергетической стратегии России.

Во время рабочего визита на Севмаш в июле 2009 г. в рамках мероприятий (в Архангельске) Президиума Госсовета по повышению энергоэффективности российской экономики Президент Российской Федерации Д. А. Медведев проявил интерес к новому направлению инновационной деятельности ОАО ПО «Севмаш» и дал положительную оценку работам, выполненным в этой области.

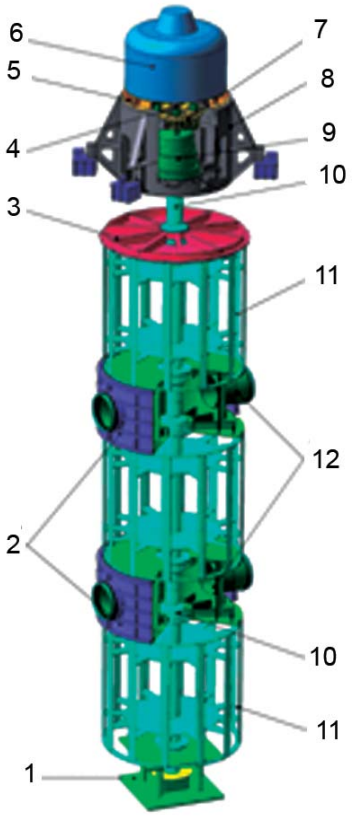


Рис. 9. **Ортогональный трехъярусный гидроагрегат ОГА-5:**
1 — стояночный тормоз; *2* — закладные обечайки; *3* — плоская крышка верхнего водовода; *4* — ARPEX-муфта с функцией проскальзывания; *5* — фланец генератора, *6* — генератор; *7* — динамический тормоз генератора; *8* — рама под генератор и мультипликатор; *9* — планетарный мультипликатор P2NA36 фирмы Flender; *10* — соединительные муфты; *11* — три вертикальные гидротурбины с рабочими колесами диаметром 5 м каждое; *12* — объемные крышки нижнего и среднего водоводов

Литература

Бородин В. В., Жепетов В. А., Сивков А. А. Создание наплавного энергоблока ПЭС с ортогональной турбиной с диаметром рабочего колеса 5 метров. М.: Малая энергетика, 2008.

Историк Б. Л., Шполянский Ю. Б. Перспективы использования ортогональных турбин на низконапорных гидроузлах//Гидротехническое строительство. 1993. № 11.

Сооружение типового наплавного энергоблока для приливных электростанций/*И. Н. Усачев, Ю. Б. Шполянский, Б. Л. Историк, В. П. Пастухов, Ю. В. Кондрашов, В. В. Бородин, С. Н. Савченко, В. И. Кушнерик*//Гидротехническое строительство. 2007. № 9.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОАО ПО «СЕВМАШ» С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННОГО СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

А. Е. Попов, главный технолог ОАО ПО «Севмаш»

УДК 658.5.001.7:629.5

История кораблестроения в Северодвинске началась в 1939 г. с закладки линкора «Советская Белоруссия». Построенный в 30-х годах как крупнейший судостроительный завод в Европе, Севмаш все последующие годы создавал боевые корабли для Военно-Морского Флота страны. С 1954 г. на предприятии начинается эпоха строительства атомных подводных лодок (АПЛ). С тех пор предприятие является головным, а последние годы и единственным в России строителем АПЛ всех классов. Всего с 1954 г. здесь построено 35 дизельных и 129 атомных подводных лодок, включая стратегические с баллистическими ракетами и многоцелевые, в том числе с корпусами из титановых сплавов.

«Развитие науки и техники судостроения будет постоянно ставить перед промышленностью все новые и новые задачи, решение которых может быть с успехом и безболезненно решаться только в том случае, если возможность осуществления необходимых мероприятий предусмотрена при строительстве завода. На протяжении длительного существования завода производственные задания будут меняться и поэтому неизбежно будет возникать необходимость его переоборудования, какого-то развития, а потом и реконструкции. Для судостроительного завода это положение, пожалуй, имеет наиболее существенное значение, так как эволюция кораблей и их совершенствование происходят постоянно и достаточно радикально», — так считал главный инженер проекта (с июля 1936 г.) Северного судостроительного завода, главный инженер ГСПИ «Союзпроектверфь» (с 1953 г. по 1966 г.) Алексей Александрович Борисов. Поэтому уже при проектировании в генеральный план завода были заложены решения, предопределившие возможность его дальнейшей модернизации. На протяжении 70 лет предприятие постоянно развивалось.

Подготовка к строительству АПЛ третьего поколения потребовала проведения в 70-х годах прошлого века коренной реконструкции, удвоившей производственные мощности предприятия. Построен уникальный технологический комплекс, включающий корпусообрабатывающее, корпусосварочное, стапельное, трубозаготовительное, машиностроительное, малярно-изоляционное, достроечное и другие производства.

Предприятие обладает уникальными доками, спусковыми сооружениями, достроечными набережными, позволяющими строить как подводные лодки, так и надводные корабли. На Севмаше реализована современная технология строительства заказов, получил дальнейшее развитие и завершение принципиально новый модульно-агрегатный метод монтажа механизмов, систем и устройств.

С 1991 г. Севмаш после частичной модернизации производственных мощностей параллельно со строительством АПЛ приступил к строительству гражданских судов и технических средств для освоения нефтегазовых месторождений на арктическом шельфе России. Предприятием освоены технологии строительства крупных морских сооружений для разведки и добычи нефти: морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» (в стадии строительства), полупогружной платформы MOSS CS-50 (две построены), самоподъемной буровой установки «Арктическая» (частично изготовлены корпусные конструкции, в настоящее время строительство продолжается в ОАО «Звездочка»). Производственные мощности ОАО ПО «Севмаш» позволяют обрабатывать более 60 тыс. т металла в год, изготавливать блок-секции корпуса массой до 600 т, строить корабли и суда водоизмещением до 80 тыс. т (рис. 1).

Одним из основных направлений развития судостроительной промышленности России в настоящее время является модернизация производственных мощностей предприятий на базе современных технологий с реализацией крупноблочного метода формирования корпуса корабля с использованием козловых

Рис. 1. **Направления производственной деятельности ОАО ПО «Севмаш»**

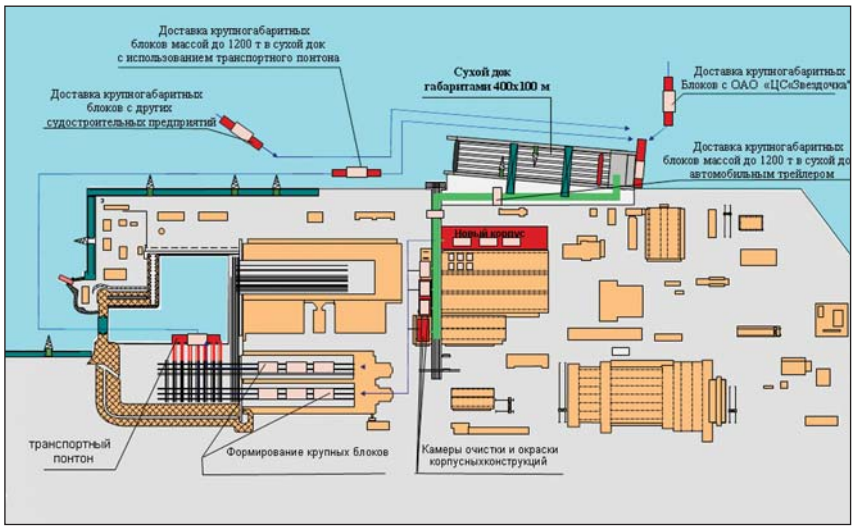


Рис. 2. **Вариант создания современного судостроительного комплекса ОАО ПО «Севмаш» с сухим доком**

кранов большой грузоподъемности. Руководствуясь целями и задачами Морской доктрины Российской Федерации, «Государственной программы вооружения на 2007—2015 годы», «Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу», для обеспечения конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынке предприятием разработана «Концепция технического развития ОАО ПО "Севмаш" на 2008—2018 годы». Рассмотрены два варианта развития: первый — модернизация и техническое перевооружение производственных мощностей со строительством сухого дока, второй — модернизация и техническое перевооружение имеющихся производственных мощностей, при этом ставилась задача реализации в проектах технического развития современных достижений европейского и мирового судостроения без нарушения производственной деятельности предприятия.

Реализация крупноблочного метода строительства связана с наличием и состоянием построечно-спусковых сооружений. Анализ зарубежного опыта показывает, что большинство верфей располагают крупными сухими доками, оснащенными кранами большой грузоподъемности.

При разработке варианта создания современного судостроительного комплекса в ОАО ПО «Севмаш» со строительством сухого дока размерами 400х100 м (рис. 2) руководствовались следующим:

✓ наличием технически оснащенных производственных мощностей и возможностью реализации проекта за счет модернизации действующих производств;

✓ территориальной возможностью размещения объектов комплекса на существующей промышленной площадке: наличие акватории для размещения гидротехнических сооружений и берегового участка, на котором будут построены новые береговые здания и сооружения;

✓ наличием широко развитой энергетической, транспортной и инженерной инфраструктуры;

✓ расположением на одной водной акватории производственных мощностей трех предприятий ОПК: ОАО ПО «Севмаш», ОАО ЦС «Звездочка» и ОАО СПО «Арктика»;

✓ возможностью поэтапного строительства комплекса без нарушения производственной программы предприятий;

✓ наличием высококвалифицированного кадрового состава;

✓ наличием освоенных технологий и опыта строительства технических средств для освоения и обустройства нефтяных и газовых месторождений арктического шельфа.

С учетом анализа существующей производственной инфраструктуры предприятия и выполненных проработок для данного варианта выбрана оптимальная схема размещения сухого дока на существующей производственной площадке предприятия в непосредственной близости от корпусосварочного производства и транспортного трансбордера грузоподъемностью 1200 т, обеспечивающего перемещение крупногабаритных корпусных конструкций.

Хотя в мировой практике судостроения реализация современной технологии крупноблочного метода формирования кораблей осуществляется с использованием сухих доков (что и повлекло за собой необходимость проработки, в концепции технического развития предприятия, строительства сухого дока), однако наличие на заводе построечных мест и производственной инфраструктуры определенного типа требует учета существующей организационно-технологической схемы, имеющихся «узких мест», которые могут накладывать ограничения на решения вопросов принципиальной технологии и организации постройки.

В настоящее время в качестве основного принят вариант технического развития предприятия на базе модернизации наливного бассейна с оснащением козловым краном грузоподъемностью 1200 т и расширением батопорта до 80 м.

Необходимым условием эффективной деятельности предприятия в условиях сложившейся в мире острой конкуренции является обеспечение основных технико-экономических показателей на уровне лучших верфей мира. На организационно-технологическую схему строительства судов оказывают негативное влияние существующие габаритные ограничения стапельных мест и спусковых сооружений; требуется модернизация транспортно-крановой системы предприятия для обеспечения перемещения крупногабаритных конструкций, необходимо оснащение основных цехов современным высокопроизводительным оборудованием.

При разработке программы технического развития предприятия анализировались «узкие места», которые оказывают влияние на качество, себестоимость строительства заказов и на технико-экономические показатели производства. Было определено, какие участки надо перестраивать в первую очередь, какое оборудование поменять и т. д. Создание высокотехнологичных производственных мощностей, механизация и автоматиза-

ция основных процессов позволят предприятию решить одну из главных проблем отечественного судостроения — снизить высокую трудоемкость строительства.

Техническое перевооружение и модернизация производственных мощностей ОАО ПО «Севмаш» предусматривают реализацию следующих мероприятий:

• внедрение крупноблочного метода постройки кораблей в условиях крытого эллинга с максимальным насыщением блоков, доведение до минимума работ, выполняемых непосредственно на стапеле;

• организация поточных механизированных и автоматизированных производств по изготовлению деталей, изделий и конструкций кораблей;

• создание универсальных транспортных систем по передаче и подъему крупногабаритных конструкций, включая установку надстроек единым блоком;

• создание в наливном бассейне построечного места, оснащенного краном грузоподъемностью 1200 т и батопортом шириной до 80 м;

• совершенствование организации производства с внедрением информационных технологий.

Основная направленность программы технического развития предприятия — внедрение современной технологии строительства кораблей и судов на основе крупноблочного метода строительства с максимальным насыщением блоков с применением крана большой грузоподъемности и напольных транспортных систем для перемещения крупногабаритных конструкций (рис. 3, таблица).

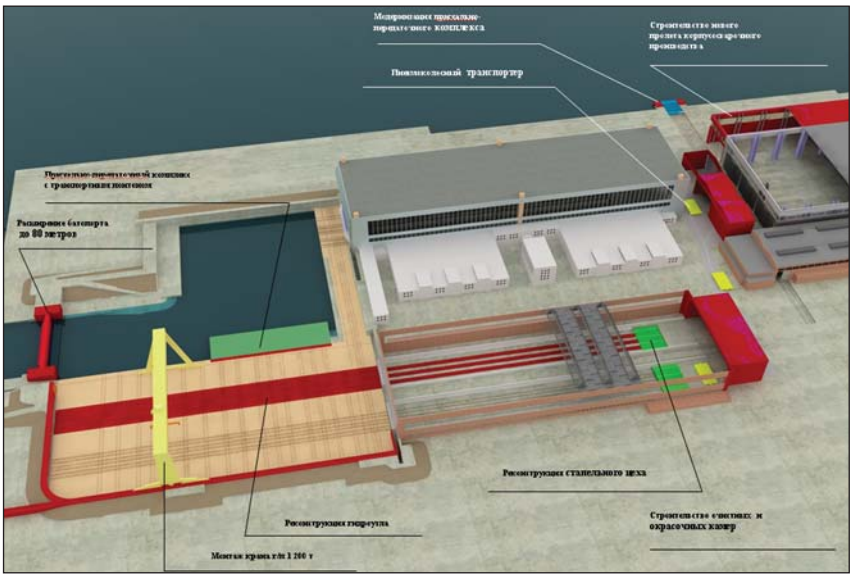


Рис. 3. **Создание современного судостроительного комплекса ОАО ПО «Севмаш» на базе действующих производств**

Основные мероприятия по техническому перевооружению корпусообрабатывающего, корпусосварочного, стапельного, достроечного, машиностроительного и неметаллического производств предприятия направлены на замену парка морально и физически изношенного оборудования на современное высокопроизводительное оборудование и технологические линии.

Частично мероприятия по техническому развитию предприятия реализуются в настоящее время за счет собственных средств и бюджетных средств из федеральных целевых программ.

На Севмаше за его 70-летнюю историю в результате целеустремленной и самоотверженной работы предыдущих поколений проектировщиков, строителей, корабелов создана достаточно мощная производственная база. В настоящее время без решающего государственного участия программа технического развития предприятия не может быть реализована. Требуется государственная поддержка и целевое финансирование создания современного судостроительного комплекса в Северном регионе на базе ОАО ПО «Севмаш». Имеющиеся производственные мощности, освоенные технологии, кадровый потенциал при соответствующей государственной поддержке обеспечат достижение качественно нового уровня строительства высокотехнологичной судостроительной продукции и улучшение технико-экономических показателей производства.

Технические возможности Севмаша до и после модернизации производства

Технические возможности предприятия до модернизации	Предлагаемые мероприятия по модернизации производственных мощностей
Изготовление в корпусосварочном производстве конструкций массой 600 т и выше, ограниченная возможность транспортировки данных конструкций до стапельного цеха на существующем трансбордере 600 т	Строительство пристройки к корпусосварочному цеху для обеспечения изготовления конструкций массой до 1200 т. Дооснащение транспортной системы предприятия автотрейлером для подачи конструкций массой 600—1200 т в стапельный цех
Обеспечена передача конструкций массой до 600 т и выше на существующем трансбордере 1200 т до причально-передаточного комплекса на набережной	Модернизация причально-передаточного комплекса для возможности отгрузки конструкций массой 600—1200 т способом накатки с трансбордера на транспортный понтон
Имеются два дока (стапельный цех) размерами 38,4х305 м и 35,4х305 м с возможностью приема конструкций массой до 170 т	Модернизация доков с оснащением гидроподъемниками, обеспечивающими подачу на стапель конструкций массой до 1200 т. Увеличение ширины одного из доков с 35,4 м до 44,4 м
Очистные и окрасочные камеры не позволяют обрабатывать крупногабаритные конструкции	Строительство очистных и окрасочных камер для конструкций массой 600—1200 т
Наливной бассейн оборудован системами энергосред для производства сборочно-сварочных работ, рельсовыми транспортными путями для перемещения конструкций массой до 5000 т и выше	Создание построечного места в наливном бассейне с краном грузоподъемностью 1200 т, увеличение несущей способности плит гидроузла, создание причального комплекса с транспортным понтоном для приема, передачи конструкций массой до 1200 т и выше водным путем
Батопорт имеет размер 42 м	Расширение батопорта до 80 м

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СЕВМАША НА ПУТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Ю. В. Спиридонов, заместитель главного инженера по машиностроению ОАО ПО «Севмаш»

УДК 658.5:621.7.004.6

Севмаш обладает мощным машиностроительным производством, имеющим в своем составе четыре механических цеха. Причем, каждый из них по своим возможностям не уступает крупному машиностроительному предприятию. Особенностью Севмашпредприятия является то, что в выпуске машиностроительной продукции участвует большинство цехов завода. Металлообрабатывающий, корпусосборочный, трубозаготовительный цеха поставляют заготовки и комплектующие изделия на верфь и в цеха машиностроения.

Роль и значение машиностроительного производства определяются производственной программой строительства кораблей. Прежде всего задача машиностроителей заключается в обеспечении выполнения предприятием гособоронзаказа.

В настоящее время не существует более сложных технических объектов, чем атомная подводная лодка (АПЛ). Сотни специализированных заводов поставляют свое оборудование на Севмаш. И в то же время, огромный объем машиностроительной продукции для АПЛ изготавливается на заводе-строителе. Нужно ли сохранять и развивать машиностроительное производство? Анализ показывает, что без собственного мощного машиностроительного производства строительство АПЛ вообще невозможно. Дело в том, что ряд наиболее сложных комплектующих изделий никто кроме Севмашпредприятия изготовить не может. Такая ситуация сложилась не сегодня. Так было в период развития и расцвета отечественного кораблестроения. В девяностые годы, когда практически все традиционные поставщики «лежали на боку», только наличие собственного машиностроения позволило продолжить строительство заказов. И сегодня изготовление ряда наиболее наукоемких изделий под силу только Севмашу.

Это, например, движительные комплексы, главные упорные подшипники, устройства подачи боезапаса в торпедные аппараты, ряд узлов торпедных аппаратов.

Освоение производства наиболее сложных наукоемких изделий требует проведения опытно-конструкторских работ на предприятии-строителе. Севмашпредприятием совместно с научно-исследовательскими и проектными организациями проведен ряд таких работ по созданию оборудования для АПЛ нового поколения. В создании новых образцов техники для подводного флота участвует большинство производственных цехов и служб завода. Техническое руководство опытно-конструкторскими работами осуществляют инженерные службы, одновременно ведущие строительство кораблей. Это специалисты, обладающие высочайшей квалификацией и опытом работы, а также отлично знающие специфику строящихся заказов.

Ряд машиностроительных технологий сохранен только на Севмашпредприятии. Наиболее наглядным примером является титановое производство. Современную подводную лодку невозможно построить без применения титановых сплавов. Высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, немагнитность и другие физико-механические характеристики делают титан незаменимым материалом.

В судостроительной промышленности только Севмаш сохранил развитое производство изделий машиностроения из титановых сплавов. Предприятием накоплен огромный опыт сварки и механической обработки титана. Изготавливаются изделия массой от нескольких граммов до 80 т. Толщина свариваемых материалов составляет от 0,3 до 150 мм. В течение многих лет выпускаются ионитные фильтры, кингстоны и клапаны вентиляции балластных цистерн, сильфонные компенсаторы и гибкие металлические шланги, гидроцилиндры, перья рулей, щиты различной конструкции и многое другое. Для АПЛ нового поколения освоено серийное производство таких сверхсложных конструкций, как элементы гидроакустических комплексов, корпуса и поршни специальных пусковых установок, узлы движительных комплексов. В современных условиях создание такого мощного производства на другом предприятии нереально.

Севмашем разработана и реализована беспрецедентная по объему и сложности программа освоения высокотехнологичных изде-

Машиностроители Севмаша работают на высокоэффективных станках с программным управлением

лий машиностроения, ранее получаемых с других заводов. В значительной степени решение об освоении новых изделий носило вынужденный характер и было вызвано развалом производства у традиционных поставщиков, в том числе из ближнего зарубежья.

Завод не смог бы приступить к строительству АПЛ нового поколения без создания собственного производства ряда сложных комплектующих изделий. В то же время решалась задача повышения производственной и экономической эффективности заводского машиностроения и предприятия в целом.

В настоящее время успешно изготавливается гидрооборудование. В короткие сроки создано производство арматуры воздуха высокого давления (ВВД). Завод выпускает всю номенклатуру гидроцилиндров, применяемых на АПЛ. Завершены межведомственные испытания автоматизированных рулевых машин. Серийно изготавливаются резервные движительные комплексы. На предприятии сосредоточено изготовление всей арматуры вентиляции. Освоено производство общесудовой арматуры.

Помимо своей основной задачи по обеспечению гособоронзаказа, машиностроительный комплекс предприятия вносит весомый вклад в выполнение контрактов по военно-техническому сотрудничеству. Для модернизируемого по заказу Индии авианосца «Викрамадитья» изготовлено и отремонтировано более 1 млн изделий МСЧ общей трудоемкостью 3,5 млн нормо-ч. Решения об изготовлении или ремонте комплектующих изделий для корабля силами предприятия принимались только после подтверждения экономической целесообразности. Все остальное заказывалось по кооперации. Опыт выполнения индийского контракта подтверждает, что строительство крупных надводных кораблей, как и АПЛ, невозможно без собственного мощного машиностроения.

Важное место в производственной программе предприятия занимает продукция технического назначения. В 90-е годы, в условиях катастрофического падения производственной загрузки завод брался за любую работу. Это политика была правильной, благодаря ей удалось

Транспортно-упаковочные контейнеры для отработавшего ядерного топлива

сохранить коллектив. Сегодня на смену «загрузки любой ценой» пришел поиск продукции, соответствующей возможностям Севмашпредприятия. И такие изделия были найдены. Завод освоил серийное производство транспортно-упаковочных контейнеров для отработавшего ядерного топлива. Для этого было создано специализированное производство, включающее участки сборки, сварки, металлизации, покраски, контроля и бетонирования. Потребность в транспортно-упаковочных контейнерах составляет более 1000 ед. Завод обеспечен данным заказом на длительную перспективу.

Возрождение судостроительной промышленности дало толчок резкому увеличению объемов проектирования и изготовления судовых подшипников — традиционной продукции Севмашпредприятия.

В планах завода — создание продукции на основе использования «двойных технологий» для топливно-энергетической отрасли.

Выполнение напряженной производственной программы, освоение широкого спектра новой высокотехнологичной машиностроительной продукции дали мощный импульс развитию всего предприятия. Удалось не только сохранить кадровый потенциал машиностроительного производства, но и существенно повысить технический уровень инженеров и рабочих.

Разработаны десятки новых технологий. Приобретены новые станки, позволяющие повысить производительность механической обработки в 3—4 раза. Осваивается применение современного металлорежущего инструмента. Организованы специализированные участки, обеспечивающие выполнение требований по чистоте сборки.

В ближайшие годы продолжится обновление станочного парка на основе высокоэффективных переналаживаемых обрабатывающих центров. Это позволит снизить численность станочников минимум на 25%.

Современное производство немыслимо без мощной испытательной базы. Севмаш обладает поистине уникальным, лучшим в судостроительной промышленности комплексом для испытаний изделий машиностроения. Главный испытательный цех оснащен фундаментом с комплектом электрогидравлических вибраторов на нагрузку до 100 т, что позволяет собирать все возможные схемы динамических и статических испытаний крупногабаритных конструкций. Используются десятки стендов для различных видов испытаний, большинство из которых обладает лучшими параметрами в отрасли. Так, стенд для испытаний движительных комплексов оснащен электроприводом с регулируемой частотой вращения. Ничего подобного в России нет.

В последние годы сделаны решительные шаги по повышению возможностей испытательной базы предприятия. Введен в строй лучший в стране универсальный стенд для проведения испытаний изделий на функционирование, а также на соответствие требованиям по виброшумовым характеристикам (ВШХ). Для основных заказов требования по обеспечению ВШХ кардинально ужесточены. В 2008—2009 гг. на стенде проведены межведомственные испытания резервных движительных комплексов и автоматизированных рулевых машин для строящихся на предприятии кораблей. Более 700 ед. гидрооборудования и арматуры различного назначения испытано на соответствие требованиям по ВШХ. Такой объем испытаний можно было выполнить только на Севмашпредприятии.

В программе технического перевооружения предприятия предусмотрено дальнейшее развитие испытательного комплекса. Ведется строительство стенда для испытаний арматуры систем вентиляции и кондиционирования. Разработаны мероприятия по модернизации участков вибромеханических испытаний, комплекса стендов для испытаний судовых муфт и подшипников.

Работа в современных условиях требует расширения кооперации, привлечения новых поставщиков комплектующих изделий для заказов предприятия. В первую очередь это касается коммерческих заказов верфи. Нет смысла изготавливать на таком уникальном предприятии, как Севмаш, простые изделия, не требующие серьезного научного и технического сопровождения. Такая продукция должна изготавливаться на небольших предприятиях, имеющих низкие накладные расходы. Первые шаги в этом направлении уже сделаны. На машиностроительных предприятиях Архангельской и Вологодской областей размещены заказы на поставку машиностроительной продукции для строящейся на Севмашпредприятии морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» и других объектов. Разворачивается кооперация при изготовлении продукции технического назначения. Экономический эффект расширения кооперации очевиден.

Перспективы дальнейшего развития машиностроительного производства Севмашпредприятия обусловлены созданием нового, наукоемкого, все более совершенного комплектующего оборудования для строящихся и перспективных АПЛ. Коллектив Севмаша, безусловно, справится с этой задачей!

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ И ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ОАО ПО «СЕВМАШ»

Н. А. Гусельников, начальник НИТИЦ, **В. В. Киреенко,** начальник ЦДЛ, **Т. Б. Дианова,** ведущий инженер НИТИЦ (ОАО ПО «Севмаш»)

УДК 061.6:629.5

Сегодня Севмаш — крупнейший судостроительный комплекс России.

Для обеспечения качественного строительства кораблей необходим строгий контроль поступающего оборудования и материалов, соблюдения формы и размеров конструкций и корпусов, качества сварочных работ. Поэтому одновременно со строительством завода начали создавать Центральную лабораторию. Она росла и развивалась вместе с заводом, наращивала практический опыт, совершенствовала методы испытаний и исследований.

Необходимо отметить, что Центральная лаборатория всегда являлась своего рода визитной карточкой предприятия. По тому, как она оснащена, насколько точен контроль и высоко качество проводимых анализов, испытаний и исследований, судят обо всем предприятии.

Сегодня Научно-исследовательский, технологический и испытательный центр (НИТИЦ) Севмаша — основное звено в управлении качеством продукции. В его составе более 20 испытательных лабораторий и специализированных участков. Коллектив НИТИЦ — свыше 600 чел.

НИТИЦ принимает самое активное участие в решении большинства производственных задач предприятия. Контроль качества внедряемых и используемых на Севмаше технологий, испытания деталей, узлов и конструкций, выпускаемых и эксплуатируемых в объединении, входной контроль качества материалов, идущих на заказы основного производства, всесторонний анализ различных сред в производственном процессе — вот далеко не полный перечень задач, решаемых лабораториями НИТИЦ.

Основными направлениями деятельности НИТИЦ являются:

• физико-механические испытания материалов и конструкций, в том числе применяемых в строительстве (с использованием разрушающих и неразрушающих методов контроля);

• металлографические исследования (контроль металлов и сплавов, сварных соединений и готовой продукции, производственно-исследовательские работы по освоению новых марок сталей и сплавов, включая исследования структуры и технологических свойств);

• физико-химические исследования (определение химического и фазового состава металлов и сплавов, твердых, жидких, газообразных материалов с применением рентгеноспектрального анализа, спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционного метода, хроматографии, полярографии, ИК-Фурье спектрометрии);

• неразрушающий контроль (визуальный и измерительный, ультразвуковой, капиллярный, течеискание, магнитопорошковый, радиационный, акустико-эмиссионный, вихретоковый, электрический);

• диагностика материалов и конструкций (растровые электронно-микроскопические, металлофизические исследования, рентгеновская дифрактометрия сталей и сплавов, рентгеноструктурные измерения макро- и микронапряжений в деталях и конструкциях);

• метрологическое обеспечение производства (систематический анализ качества измерений, контроля и испытаний на всех стадиях раз-

работки, производства и опытной эксплуатации заказов, поверка и ремонт средств измерений, высокоточные и арбитражные измерения).

Метрологическое обеспечение производства основывается на применении самых совершенных научных достижений, технических средств, организационных правил, необходимых для достижения единства измерений и обеспечения их требуемой точности.

Процесс постройки и испытаний кораблей нового поколения сопровождается повышением требований к качеству измерений и их количеству, требует постоянного контроля оборудования, средств измерений и параметров технологических процессов. Этими работами занимается служба главного метролога, входящая в состав НИТИЦ.

Переход экономики страны к рыночным отношениям и конверсия производства сделали общедоступными уникальные производственные возможности Севмаша, позволили организовать на базе лабораторий НИТИЦ испытательный центр «Севмаштест» (1995 г.), экспертную организацию (2000 г.) и экзаменационный центр «Севмаш» (2004 г.). Эти подразделения взяли на себя ответственность за проведение сертификационных испытаний продукции, экспертизу промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах, предаттестационную подготовку специалистов и прием экзаменов по методам неразрушающего контроля.

Официальным авторитетным подтверждением доверия испытаниям и исследованиям, проводимым НИТИЦ, являются многочисленные правоустанавливающие документы: аттестаты, свидетельства и признания, полученные при аттестациях и аккредитациях в самых различных контролирующих органах и системах. Вот только некоторые из них: аттестаты аккредитации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, подтверждающие техническую компетентность НИТИЦ на право проведения испытаний и исследований и предоставляющие право поверки средств измерений в заявленных областях аккредитации, свидетельство о признании соответствия предприятия требованиям Российского морского регистра судоходства, свидетельства об аккредитации экспертной организации и испытательной лаборатории неразрушающего контроля, разрушающих и других видов испытаний в Единой системе оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве и др.

Ведущие специалисты НИТИЦ Севмаша

Специализированные подразделения НИТИЦ оснащены современным уникальным и высокоточным испытательным оборудованием, самыми современными эталонами и обеспечены передвижными мобильными лабораториями.

В настоящее время в физико-химической лаборатории НИТИЦ используются:

✓ для детального исследования химического состава металлов, сплавов на основе железа, меди, алюминия, титана, никеля, цинка и прочих объектов анализа — сканирующий рентгеновский спектрометр ARL ADVANT'XP швейцарской компании Termo ARL;

✓ для анализа питьевой и сточных вод, почвы, определения низких концентраций вредных примесей в металлах — ИСП-спектрометр Vista MPX австралийской фирмы Varian;

✓ для определения содержания газов (азот, кислород) в металлах — газоанализатор ELTRA ON-900 немецкой компании ELTRA;

✓ для определения состава металлов непосредственно на изделиях и в цехах — мобильный рентгеновский анализатор Innov-X Alpha-2000 американской фирмы Innov-X System;

✓ для отслеживания изменений жидких рабочих сред — ИК-спектрометр Nicolet iS10 американской компании Thermo Scientific.

В лаборатории строительных материалов и конструкций НИТИЦ для определения наличия арматуры, измерения толщины защитного слоя в железобетонных конструкциях применяется прибор FS-10 компании Hilty (Лихтенштейн).

С началом изготовления на предприятии контейнеров для хранения отработавшего ядерного топлива произошли существенные изменения в технологии гелиевого контроля (лаборатория неразрушающих нерадиационных методов контроля НИТИЦ). Вместо расчетов потоков диффузионных калибровочных течей была организована их регулярная поверка, а с приобретением приборов: течеискателей нового типа ТИ1-22 (ОАО «Завод "Измеритель"», Санкт-Петербург) и капиллярной калибровочной течи ASM-182T (французской фирмы Adixen/Alcatel) стала возможной работа в широком диапазоне входного давления с регистрацией как малых, так и больших потоков.

Получил дальнейшее развитие применительно к корпусным конструкциям надводного судостроения вакуумный пузырьковый метод контроля герметичности. На начальном этапе внедрения метода было изготовлено и опробовано много специализированных вакуум-

ных камер различных типов для сварных швов. Несмотря на имеющиеся конструктивные и технологические ограничения, этот метод занял прочную позицию в производственном процессе.

Кардинально изменилась технология проведения магнитопорошкового контроля. Внедренный ранее для обнаружения межкристаллитных трещин на отливках, этот метод в ходе формирования конструкций платформы «Приразломная» преобразился в мобильный технологичный контроль сварных соединений с применением электромагнитов и ручных насосов.

Для выполнения акустико-эмиссионного контроля емкостного оборудования (резервуаров, сосудов давления) и трубопроводов в процессе гидро- и пневмоиспытаний центральной диагностической лабораторией НИТИЦ освоены современные микропроцессорные акустико-эмиссионные системы нового поколения серии СЦАД разработки Сибирского научно-исследовательского института авиации имени С. А. Чаплыгина (Новосибирск), которые в полной мере соответствуют современному научно-техническому уровню в области контроля методом акустической эмиссии, позволяют в реальном времени проводить спектральный анализ сигналов акустической эмиссии при параллельной многоканальной регистрации, определять энергетические характеристики сигналов акустической эмиссии в нескольких частотных диапазонах.

Одна из приоритетных задач экспертной организации — поддержание на должном уровне безопасности производства, которая реализуется через тщательное обследование технического состояния оборудования Севмаша, отработавшего нормативный срок службы. Экспертиза промышленной безопасности выполняется на основании федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», лицензии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, приказов генерального директора ОАО ПО «Севмаш». Ежегодно экспертная организация проводит экспертизу с продлением срока дальнейшей безопасной эксплуатации и техническое освидетельствование более 400 технических устройств предприятия (краны всех типов и лифты, объекты газо- и котлонадзора, емкостное оборудование и резервуары взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов, технологические трубопроводы). Значительный опыт, накопленный в области экспертизы, позволяет выполнять намеченные работы в полном объеме и строго в установленные сроки. Кроме экспертизы промышленной безопасности на объектах Севмаша, экспертная организация имеет опыт работы по экспертизе, неразрушающему контролю, обследованию зданий и сооружений в рамках полученных лицензий на Северо-Западе России на объектах нефтегазовых компаний, предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности и военно-промышленного комплекса.

Для подтверждения уровня квалификации специалистов необходима их сертификация, т. е. оценка соответствия уровня их компетенции и практического опыта требованиям нормативных документов. Допуск к контролю на опасных производственных объектах должны получать лишь сертифицированные (имеющие квалификационный уровень) специалисты. Для выполнения этих задач в 2004 г. при одном из ведущих в нашей стране органов по сертификации (аттестации) ООО НУЦ «Качество» создан экзаменационный центр «Севмаш» для обеспечения предаттестационной подготовки и приема квалификационных экзаменов по методам неразрушающего контроля.

В соответствии с областью аккредитации, экзаменационный центр «Севмаш» уполномочен проводить предаттестационную подготовку и прием квалификационных экзаменов на I и II уровни по следующим методам неразрушающего контроля: визуально-измерительному, ультразвуковому, радиационному, магнитному, контролю проникающими веществами, акустико-эмиссионному — во всех основных промышленных секторах, включая здания и сооружения (строительные конструкции).

Экзаменационный центр «Севмаш» аккредитован в трех различных системах сертификации персонала:

СДСПНК «РОНКТД» — система добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля Российского общества неразрушающего контроля и технической диагностики;

ЕС ОС — сертификация персонала в соответствии с ПБ 03-440-02;

DAR TGA (Германия) — сертификация персонала в соответствии с европейскими (EN-473) и международными (ISO-9712) стандартами.

Это дает право специалистам, сдавшим экзамены в нашем центре, контролировать объекты, расположенные как на территории РФ, так и за ее пределами или предназначенные для иностранных заказчиков. Удостоверения, полученные специалистами в НУЦ «Качество», а следовательно, и заключения о результатах контроля, подписанные ими, признаются на территории Евросоюза и большинства стран мира. ООО НУЦ «Качество» является участником договора о взаимном признании сертификатов органов по сертификации персонала на территории Европейского союза.

Совместно с НУЦ «Качество» экзаменационный центр «Севмаш» получил признание (подтверждение свой компетентности) в авторитетном классификационном обществе — Российском морском регистре судоходства.

В июле 2008 г. НУЦ «Качество» и экзаменационный центр «Севмаш» прошли проверку Российского речного регистра и получили Свидетельство о признании на право определения уровня квалификации и сертификацию специалистов на I, II и III уровни квалификации согласно ГОСТ Р 51000.9—97, EN 473 по шести методам неразрушающего контроля в области судостроения и судоремонта на объектах, поднадзорных Российскому речному регистру.

В настоящее время экзаменационный центр «Севмаш» располагает всем необходимым для организации подготовки специалистов и проведения теоретических и практических экзаменов. В его штате работают 17 экзаменаторов — специалистов III уровня, а также 10 преподавателей, имеющих большой опыт работы, готовых поделиться своими знаниями в области неразру-

шающего контроля и технического диагностирования.

За период своего существования, с января 2004 по ноябрь 2009 г., в экзаменационном центре «Севмаш» были подготовлены около 500 специалистов Севмаша, более 150 специалистов других предприятий и организаций Архангельской области и Ненецкого автономного округа.

Все перечисленное было бы невозможно без налаженной координации работ НИТИЦ со всеми подразделениями Севмаша и сплоченности коллектива. Люди, как известно, — главное богатство любого подразделения. А в НИТИЦ работают специалисты, влюбленные в свою профессию.

НА ОСТРИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

В. П. Куликов, начальник корпусного отдела научно-технологического управления ОАО ПО «Севмаш»

УДК 629.5.024.081.4

Корпусное производство ОАО ПО «Севмаш» занимает ведущие позиции в судостроительной отрасли России. Здесь всегда одними из первых в судостроении применялись самые прогрессивные технические достижения отраслевой науки, осваивались наукоемкие и эффективные технологии, что позволило достичь высокого научно-технического уровня производства при изготовлении корпусов атомных подводных лодок (АПЛ), кораблей, судов и объектов нефтедобычи. Высокий уровень подготовки инженерных кадров службы главного технолога, обладающих богатым производственным опытом, позволяет решать самые сложные технические задачи при организации подготовки производства к строительству кораблей и судов практически любого класса и уровня технической оснащенности. Постоянная нацеленность на внедрение новейших технических разработок, тесное сотрудничество с отраслевыми научными институтами, в первую очередь с ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», позволяют добиваться ощутимых результатов в совершенствовании и техническом перевооружении производства на всех стадиях строительства объектов как военного, так и гражданского назначения.

Корпусообрабатывающее производство Севмаша представляет собой высокопроизводительный производственный комплекс, позволяющий обрабатывать 60 тыс. т (в перспективе до 100 тыс. т) металлопроката в год. Высокий уровень механизации и автоматизации достигнут за счет оснащения цеха более 250 ед. технологического оборудования различного назначения. Здесь обрабатывается листовой прокат толщиной от 4 до 200 мм с габаритными размерами листа 3200x12 000 мм (в перспективе и размерами 4000x16 000 мм), а также профильный прокат различных типов длиной до 12 м и высотой до 600 мм.

В основу организационно-технологической схемы изготовления деталей заложены принципы поточного производства, транспортные потоки обработки металла организованы по специализированным пролетам общей площадью 52 тыс. м^2 и сориентированы как по основным технологическим операциям обработки (резка, правка, гибка, термообработка и т. д.), так и по видам обрабатываемого проката: тонколистового, толстолистового, профильного, а также по функциональному назначению деталей. Цех оснащен автоматизированными линиями дробеметной очистки и грунтовки листового и профильного металлопроката, широкой гаммой правильного оборудования, поточными линиями вырезки деталей из листового проката, в состав которых входят автоматы газопламенной и плазменной резки. Оборудование для гибки листовых и профильных деталей содержит широкий типоряд гидравлических прессов и вальцев открытого и закрытого типов, профилегибочных станков усилием от 250 до 5000 тс, которые позволяют выполнять детали сложной формы как в холодном, так и в горячем состоянии с высокой точностью. Для изготовления деталей прочных корпусов АПЛ организован специализированный участок обработки листового проката из высокопрочных сталей и сплавов, оснащенный уникальным оборудованием.

В последнее десятилетие в корпусообрабатывающем производстве освоено большое количество уникальных технологий изготовления де-

Установка блока верхней палубы корпуса полупогружной буровой платформы пр. 2958

талей корпусов АПЛ, крупных надводных кораблей, а также заказов гражданского судостроения и буровых платформ, среди которых:

✓ экологически чистый технологический процесс термической резки листового проката с использованием защитных устройств, образующих вокруг резака параболоидную тонкопленочную весовую завесу, которая обеспечивает снижение шумового фона и светового излучения при плазменной резке;

✓ технология точной вырезки деталей зубчатых реек самоподъемных буровых платформ из высокопрочной стали АБ-2Р толщиной 130 мм;

✓ технология изготовления деталей морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная» из листового проката двухслойных сталей марки PCF36Z+316L;

✓ технология изготовления деталей переборок АПЛ из высокопрочных сталей методом локального холодного деформирования;

✓ технология штамповки деталей сложной формы из толстолистового (130 мм) титанового сплава;

✓ технология вырезки деталей из коррозионно-стойкого металлопроката толщиной до 150 мм.

Корпусосварочное производство — это производственный комплекс, состоящий из трех корпусов общей площадью более 54 тыс. м^2, мощности которого обеспечивают выпуск до 45 тыс. т сварных металлоконструкций в год. Производство оснащено уникальным нестандартным оборудованием для изготовления секций основного корпуса АПЛ, не имеющим аналогов в мировой практике, и располагает более чем 3 тыс. ед. сварочного оборудования, в том числе 150 постов для автоматической и 800 постов для полуавтоматической сварки. Изменение производственной программы Севмаша в конце 90-х годов прошлого века и переход на продукцию гражданского назначения потребовали технического переоснащения предприятия. При активном участии специалистов службы главного технолога были организованы новые производственные участки:

Формирование трамплина полетной палубы авианосца «Викрамадитья» пр. 11430

• изготовления сосудов, работающих под давлением, предназначенных для нефтегазодобывающей и перерабатывающих отраслей промышленности. Технологическое оборудование участка позволяет выполнять сборку и сварку сосудов диаметром от 2500 до 6500 мм и длиной до 20 000 мм;

• сборки и сварки секций надводных кораблей и судов, буровых платформ, оснащенные сборочно-сварочными стендами общей площадью около 10 тыс. м^2;

• изготовления цилиндрических сварных металлоконструкций из толстолистовых высокопрочных сталей диаметром от 1000 до 3000 мм (реализованы технологии двойного назначения для военной и гражданской продукции).

В производство внедрены новые технологические процессы:

— сборки и сварки крупногабаритных криволинейных секций и блоков «каркасным» способом (для танкеров-химовозов пр. Р668, полупогружных буровых платформ типа «MOSS» пр. 2958 и 3150, авианосца для индийских ВМС пр. 11430) без применения дорогостоящих «постелей», которые применялись при традиционных методах сборки и сварки конструкций;

— сборки и сварки днищевых, бортовых и палубных секций кессона МЛСП «Приразломная»;

— сборки и сварки секций из сплавов АМг для мегаяхт пр. А1331 и многие другие.

В **корпусостроительном производстве** при организации строительства новых нетрадиционных для Севмаша заказов — буксиров пр. 030, 028, минибалкера пр. 029, танкеров-химовозов пр. Р668, полупогружных буровых платформ типа «MOSS» пр. 2958 и 3150, МЛСП «Приразломная», мегаяхт пр. А1331, блока приливной электростанции, понтонов для подъема АПЛ «Курск» и целого ряда других объектов — потребовалось разрабатывать и осваивать новые технологии, осуществлять поиск принципиально новых инженерных решений. Для решения этих проблем пришлось заниматься переподготовкой инженерных кадров службы главного технолога и технических служб стапельных цехов, повышать уровень их технических знаний. Поставленные задачи были успешно решены. В производство внедрены новые технологии:

o формирования корпуса полупогружных буровых платформ типа «MOSS» на плаву у достроечной набережной;

o стыкования на плаву суперблоков кессона МЛСП «Приразломная» с использованием упрощенных герметизирующих устройств;

o постройки буксиров на различных построечных местах;

o дистанционного «причерчивания» с использованием электронных оптических систем и предварительной контуровки блоков верхней палубы полупогружных буровых платформ типа «MOSS» в цеховых условиях до монтажа на плаву;

o перемещения крупногабаритных блоков из одного стапельного цеха в другой через наливной бассейн спускового гидроузла;

o спуска на воду буксиров с использованием транспортного плавучего дока «Онега».

Особое место в решении сложных задач корпусостроительного производства последних лет занимают работы по модернизации корпуса авианосца «Викрамадитья» (пр. 11430). Одна часть модернизационных работ была проведена у достроечной набережной, другая — в наливном бассейне после докования корабля. В этот период обеспечена технологическая подготовка следующих работ:

— демонтаж на плаву части носовой оконечности выше основной плоскости в районе обтекателя ГАС;

— изготовление и монтаж блоков носовой оконечности взамен демонтированных конструкций;

— формирование трамплина протяженностью 60 м на полетной палубе корабля;

— увеличение площади взлетной палубы корабля за счет демонтажа старых и монтажа новых крупногабаритных корпусных конструкций спонсонов левого и правого борта (140 секций);

— перекомпоновка кормовой оконечности;

— установка с высокой точностью на плаву фундаментов под различные корабельные комплексы (навигационные, тормозных машин, самолетоподъемников) с использованием оптических электронных систем;

— на базе трехмерной модели корпуса, созданной в одной из CAD-систем, разработка и внедрение программы для определения оптимальных маршрутов погрузки через технологические вырезы крупногабаритного оборудования, количество которого на корабле превышает 1700 ед.

Корпусодостроечное производство включает в себя специализированные участки по изготовлению элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха, судовой металлической мебели, изделий слесарно-корпусного насыщения и предмонтажной подготовки, общая производственная площадь которых составляет 8,5 тыс. м^2. Объем производства — около 1,5 млн нормо-ч в год.

Для ремонта и модернизации тяжелого авианесущего крейсера пр. 11430 и постройки МЛСП «Приразломная» был выполнен комплекс мероприятий по переоснащению производства с созданием специализированных участков, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием и инструментом, позволившим внедрить прогрессивные и безопасные технологические процессы изготовления изделий корпусодостроечной номенклатуры. Созданы новые производственные участки:

✧ изготовления фасонных частей, сборки, сварки труб воздуховодов системы вентиляции и кондиционирования воздуха и газоходов, что позволило изготавливать трубы СВКВ любого типа и размеров. Участок оснащен вертикально-гибочным гидравлическим прессом PPM 25150, листогибочным трехвалковым станком PSE-110 (1500x3,5), ручной листогибочной машиной SCHECHL HA 150 и другим высокоэффективным оборудованием;

✧ изготовления элементов, сборки, сварки металлического оборудования жилых, общественных, санитарно-бытовых помещений, оснащенный высокоэффективным металлообрабатывающим оборудованием (вертикально-гибочный гидравлический пресс CNC HAP 2580, электромеханический листовой 3-валковый станок RMA 15/20, гидравлические гильотинные ножницы SST-2004, угловысечной пресс Maxi 250/6, станок для резки профиля под углом KGS-331 и др.), что позволило значительно расширить номенклатуру выпускаемой продукции и повысить качество ее изготовления. Для качественной сборки и сварки изделий и сокращения трудоемкости применяется широкий спектр различных приспособлений, кондукторов, специально изготовленных для нового оборудования.

Для выполнения работ по обстройке помещений разработан и успешно внедрен ряд новых технологических процессов, среди них:

◆ изготовление, сборка и сварка переборок и изделий КДН из алюминиево-магниевых сплавов с узлами крепления на биметаллических планках с применением сварки в среде аргона в условиях корабля. Разработан комплекс мероприятий и средств технологического оснащения для обеспечения безопасного выполнения работ на корабле;

◆ установка шпилек для крепления изоляции «Rokwool» с использованием сварочных аппаратов ARC-500 и др.

В настоящее время ведутся работы по освоению технологии обработки новых конструкционных материалов для отделки судовых помещений и монтажа элементов из них.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МКЭ

В. И. Алферов, канд. техн. наук (ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»), **В. П. Куликов** (ОАО ПО «Севмаш»), **В. С. Михайлов,** докт. техн. наук, профессор (ОАО «ЦТСС»)

УДК 621.791.019:629.5.024

Важнейшей целью проектирования судна является обеспечение его надежности. Однако для минимизации стоимости постройки, сокращения сроков изготовления, снижения объема пригоночных работ и повышения качества изготовления конструкций параллельно с проектированием необходимо разрабатывать технологические процессы постройки корпуса, т. е. осуществлять конструктивно-технологическое проектирование. При этом важной задачей является обеспечение технологичности конструкций корпуса, включающей применение комплексной автоматизации и механизации, повышение точности технологических операций, снижение сварочных деформаций и сокращение трудоемкости пригоночных работ. По ряду причин ЦКБ не решают задач конструктивно-технологического проектирования и не привлекают для этого такие специализированные организации, как Центр технологии судостроения и судоремонта (ЦТСС) и ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. Решение указанных задач остается заботой судостроительных заводов.

Особенностью изготовления судовых корпусных конструкций, имеющих большие габаритные размеры,

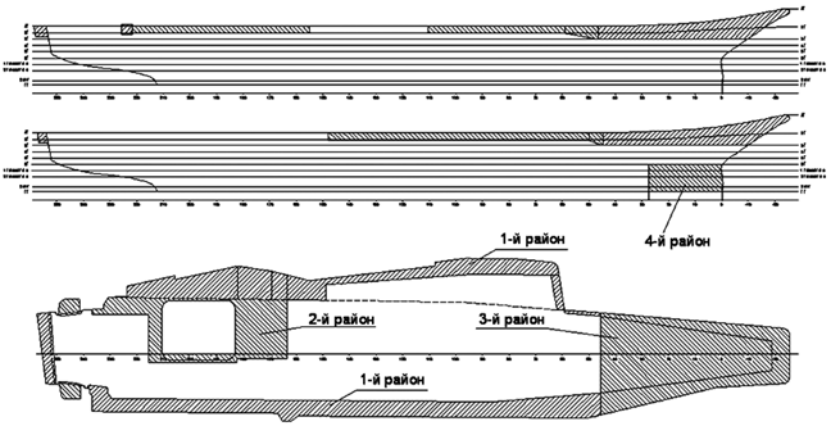


Рис. 1. **Расположение технологических районов проведения сборочно-сварочных работ при модернизации корпуса авианесущего корабля**

является применение значительного объема ручных пригоночных работ на всех этапах технологического процесса (при изготовлении узлов, секций, блоков, при постройке корпуса на стапеле). Это связано с жесткими допусками на величины сварочных зазоров, с большими значениями пооперационных погрешностей [1—5] и со сварочными деформациями конструкций.

Соблюдение допусков на сварочные зазоры необходимо для обеспечения качественной сварки. Погрешности изготовления деталей, узлов и секций являются случайными, хотя и могут иметь систематическую составляющую. Сварочные деформации относятся к систематическим погрешностям, поскольку подчиняются определенным законам и могут быть оценены расчетом.

Вследствие указанных обстоятельств, при сборке корпуса из секций (блоков) в монтажных соединениях связей образуются «несовмещения» связей. Для их устранения и обеспечения необходимых сварочных зазоров применяют ручную пригонку (причерчивание связей, устранение припусков, подгибка концов связей, ручная сварка недоваренных участков и т. д.). В результате сборки (с применением пригонки) и сварки монтажных стыков и пазов в стыковых соединениях образуются «перегибы» связей, а в крестовых соединениях — остаточные величины «несовмещений». На указанные отклонения от правильной геометрической формы установлены достаточно жесткие допуски, которые трудно исполнимы. Стремление сделать конструктивные допуски «более технологичными» [6] не оправдано без специальных обоснований на базе исследования влияния допусков на прочность корпусных конструкций.

При известных параметрах статистических распределений погрешностей технологических операций, например погрешностей изготовления секций корпуса, можно с применением размерного анализа оценить процентное количество связей, для которых понадобится ручная пригонка. Результаты размерного анализа при моделировании процесса постройки корпуса на стапеле, приведенные в работе [7], показали, что сокращение пригоночных работ возможно при повышении точности изготовления секций и установки их на стапеле, что не всегда оправдано технически и экономически.

В работе [7] и ряде других [8—9] на примере изготовления секций, оконтурованных «в чистый размер», показано, что в любом случае процент пригоночных работ в монтажных соединениях связей остается достаточно высоким, а применение более точных, но дорогих технических средств для контуровки секций не дает нужного экономического эффекта. Это позволяет сделать вывод, что недостаточно осуществлять «точную» контуровку секций, которые сами имеют остаточные деформации, а при установке на стапеле им необходимо придавать дополнительные линейные и угловые отклонения от их штатного расположения. Для сборки монтажного соединения придется выполнять большой объем пригоночных работ по устранению разностенности листов обшивки, сборке стыков набора, обжатию его к обшивки и пр. Поэтому постройка корпуса из секций, оконтурованных «в чистый размер», до сих пор не нашла широкого применения.

Определяющим фактором, влияющим на качество конструкций, трудоемкость их изготовления, объем пригоночных и правочных работ и в целом на экономические показатели, являются так называемые сварочные деформации.

Совершенствование технологических процессов с учетом условий судостроительного предприятия возможно на базе применения расчетных методов оценки сварочных деформаций, разработки мероприятий по их снижению (компенсации), а также на основе выбора наиболее оптимального процесса сборки и сварки, обеспечивающего снижение пригоночных работ и повышение качества изготовления конструкций. Достижение желаемого эффекта обеспечивается специальными приемами, направленными на снижение сварочных деформаций, которые могут быть учтены при моделировании технологического процесса с применением метода конечных элементов (МКЭ) и вычислительной техники.

Для решения указанной задачи ЦТСС совместно с ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова разработана методика расчета сварочных деформаций конструкций корпуса [10—14], использующая расчетно-экспериментальные данные об усадке в сварных швах [15], а также поэтапную технологию сборки и сварки корпусов судов с использованием МКЭ. В методическом плане применение МКЭ открыло новые возможности для моделирования процесса сборки и сварки сложных пространственных конструкций.

На основе данной методики была выполнена оптимизация технологии сборки и сварки с целью уменьшения (компенсации) сварочных деформаций в следующих случаях:

- сборка и сварка ряда оболочечных конструкций, включающих цилиндрические и торо-сферические оболочки;
- изготовление объемных и полуобъемных секций;

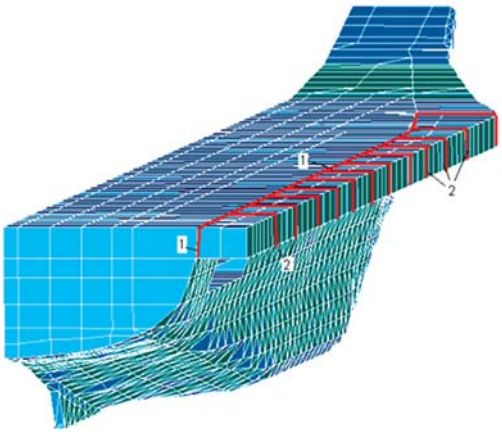


Рис. 2. **Расчетная модель МКЭ 1/2 части корпуса авианесущего корабля со схемой расположения сварных монтажных пазов и стыков 1-го района:**
1 — продольные монтажные пазы по 1-й и 2-й палубам; *2* — поперечные монтажные стыки

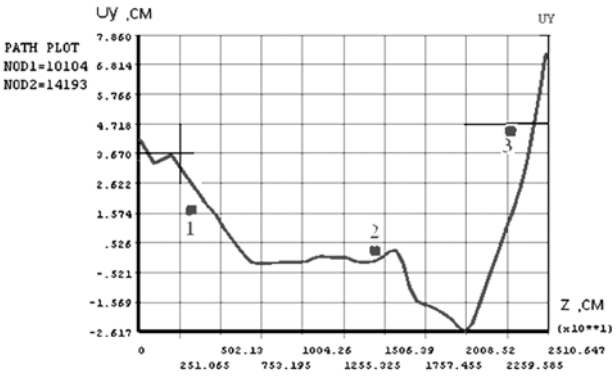


Рис. 3. **Распределение перемещений U_y по верхней палубе в ДП после сварки монтажных стыков и пазов всех четырех технологических районов:**
1 — U_y = 16 мм на длине 30 м; *2* — U_y = 1 мм на длине 140 м; *3* — U_y = 45 мм на длине 220 м

• замена большого числа секций крупнотоннажного корабля в процессе его модернизации;

• формирование на стапеле блочно-секционным методом корпуса танкера и других судов;

• постройка нефтедобывающей и «Приразломной» платформ.

Приведем два примера (А и Б) разработки оптимальных технологических процессов с обоснованием рекомендаций по уменьшению сварочных деформаций на основе предложенной методики.

Пример А. Расчетная оценка сварочных деформаций при модернизации корпуса авианесущего корабля и обоснование технологических мероприятий по их снижению [16]. Цель этой работы — расчетное обоснование технологии установки и вварки в корпус корабля новых конструкций на большом протяжении его длины при обеспечении минимальных продольных деформаций корпуса. Предложенный ЦТСС технологический процесс предусматривал демонтаж части конструкций корпуса, замену секций и выполнение сборочно-сварочных работ в четырех условных технологических районах (рис. 1).

В 1-м районе (45—250 шп.) предполагалась установка дополнительных конструкций, увеличивающих ширину корпуса на 10—15 м на уровне 1-й и 2-й палуб; во 2-м районе (от 163 до 225 шп.) производилась замена секций 1-й палубы; в 3-м районе (от носовой оконечности до 45 шп.) — практически полная замена конструкций выше 3-й палубы (особенность этого района — наличие, кроме обычных монтажных межсекционных пазов и стыков, кольцевого монтажного стыка в районе 7-го шп., позволяющего осуществить сборку и приварку к корпусу корабля блока трамплина). Все работы в этих трех районах выполнялись при положении корабля на плаву и в наливном доке. В 4-м технологическом районе основные корпусные сборочно-сварочные работы завершались заменой объемного блока носового обтекателя, расположенного ниже ватерлинии.

Последовательность выполнения сборочно-сварочных работ во всех четырех районах учитывалась при разработке модели МКЭ 1/2 части корпуса авианесущего корабля (рис. 2). Согласно принятой методике, рассчитывались остаточные деформации с применением МКЭ и разрабатывались технологические мероприятия по их снижению, с учетом которых корректировался технологический процесс сборки и сварки монтажных пазов и стыков и повторно рассчитывались деформации с целью оценки эффективности их снижения.

Основная идея мероприятия по снижению остаточных деформаций — обеспечение минимального влияния укорочений в монтажных межсекционных стыковых соединениях на изгиб корпуса. Предполагается, что сборка стыковых швов осуществляется с применением электроприхваток, а пазовых швов (на палубах и бортах) — с помощью скользящих соединений на гребенках. При последовательной сварке поперечных стыковых соединений от середины рассматриваемого района к его границам влияние поперечных укорочений в стыковых соединениях на общий изгиб корпуса оказывается незначительным вследствие деформаций сдвига в монтажных пазах. Таким образом, в расчетах сварочных деформаций корпуса корабля с учетом предложенных технологических меропри-

Максимальные вертикальные перемещения U_y^{max} (см) на верхней палубе

№ района	№ варианта расчета	Носовая часть корпуса	Средняя часть корпуса	Кормовая часть корпуса
		По борту/в ДП	По борту/в ДП	По борту/в ДП
1	1	0,4 / 0,9	0,6—1,1 / 0,6—1,4	5,5 / 7,4
	2	0,35/ 0,75	0,6—0,8 / 0—0,8	4,3 / 5,5
2	1	0 / 0,8	0—0,8 / 0—1,3	7,3 / 8,0
	2	0 / 1,0	0—1,2 / 0,3—2,7	6,3 / 7,5
3	1	— / 6,8	— / 4,8—2,8	— / 7,85
	2	— / 5,0	— / 4,9—2,2	— / 7,42
4	1	— / 4,0	— / 4,0—2,6	— / 7,30

тий учитывается влияние на продольный изгиб корпуса укорочений только в пазовых монтажных швах. Укорочения в поперечном направлении (относительно оси корпуса) учитываются как в пазовых, так и в стыковых швах.

В таблице приведены сводные данные результатов расчетов максимальных вертикальных перемещений U_y^{max} в корпусе корабля после сварки монтажных пазов и стыков в 1—4-м районах.

На рис. 3 представлено распределение перемещений U_y по верхней палубе в ДП после сварки монтажных стыков и пазов всех четырех технологических районов (точками отмечены результаты замеров перемещений после завершения всех монтажных и сборочно-сварочных работ).

Согласно данным таблицы, на рис. 4 построены кривые *1—4* зависимости вертикальных перемещений U_y^{max} по верхней палубе в ДП от номера технологического района проведения работ и осуществления мероприятий по снижению сварочных деформаций. Результаты расчета общих деформаций корпуса в четырех районах демонстрируют динамику изменения и наращивания сварочных деформаций всего корпуса.

Анализ кривых *1* и *2* (см. рис. 4), относящихся к деформациям кормовой оконечности, позволяет сделать следующие выводы. При проведении в 1-м районе (см. рис. 1) мероприятий по снижению влияния поперечных укорочений в стыковых монтажных швах U_y^{max} уменьшается с 7,4 до 5,5 см (на 26%). При сборке и сварке во 2-м районе, несмотря на некоторое возрастание U_y^{max} вследствие влияния укорочений в швах первого района, кривые *1* и *2* обнаруживают тенденцию к сравнительно небольшому увеличению вертикальных перемещений U_y^{max}. В 3-м районе, благодаря применению упомянутых технологических мероприятий, разность ординат кривых *1* и *2* составляет 0,43 см (5,5%), а сами кривые имеют пологий характер и тенденцию к общему снижению значений U_y^{max} из-за воздействия сварочных работ, выполняемых до третьей палубы. При работе в 4-м районе происходит дальнейшее небольшое снижение U_y^{max} в корме (на 0,12 см) за счет изменения знака изгибающего момента внутренних сил, действующих в зоне сварки обтекателя.

Анализ кривых *3* и *4* (см. рис. 4), относящихся к деформациям носовой оконечности, показывает, что при работах в 1-м и 2-м районах вертикальные перемещения U_y^{max} незначительны и имеют локальный характер. В 3-м районе при сборочно-сварочных работах вблизи носовой оконечности происходит задирание крайней точки трамплина до 6,8 см (кривая *3*). Благодаря применению технологических мероприятий по уменьшению влияния поперечных укорочений в стыковых монтажных швах разность ординат кривых *3* и *4* достигает 2,3 см, что свидетельствует о полезности указанных мероприятий. В 4-м районе сварка обтекателя, расположенного ниже ватерлинии, вызывает дополнительное снижение перемещений U_y^{max} до 4 см.

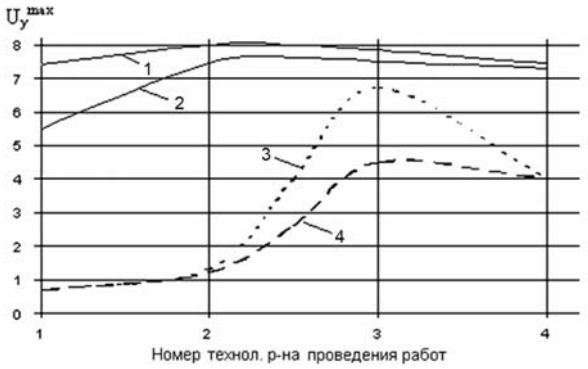


Рис. 4. **Зависимость вертикальных перемещений U_y^{max} по верхней палубе в ДП, полученных по данным расчетов сварочных деформаций в четырех технологических районах проведения сборочно-сварочных работ:**
1, 3 — максимальные значения U_y^{max} соответственно в корме и в носовой части по данным первых вариантов исполнения сборочно-сварочных работ; *2, 4* — то же по данным вторых вариантов исполнения сборочно-сварочных работ с учетом технологических мероприятий по снижению деформаций

Пример Б. Расчетная оценка сварочных деформаций носового обтекателя и блока трамплина корпуса авианесущего корабля. В процессе модернизации корабля в качестве отдельных технологических этапов были предусмотрены сборка и сварка двух объемных блоков корпуса: носового обтекателя и трамплина. Для обтекателя, расположенного ниже главной ватерлинии, планировалось предварительно изготовить каркасным способом секции и затем собрать их в блок на стапельной площадке по пирамидальной схеме. Блок носового обтекателя предполагалось перевезти на стапельных тележках в док по временным рельсовым путям, подвезти его под корпус корабля, отцентровать по контрольным линиям стапеля и корпуса и выполнить весь

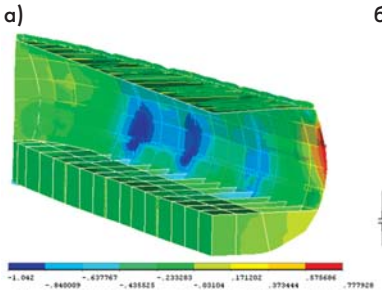


Рис. 5. **Распределение горизонтальных перемещений U_x (а) носового обтекателя и деформация его кормового сечения (б) после сборки и сварки монтажных пазов и стыков**

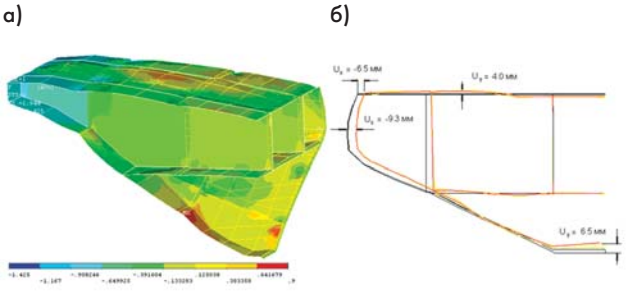


Рис. 6. **Распределение вертикальных перемещений U_y в носовом блоке (а) и деформация его сечения в районе 2-го монтажного стыка (б) после сборки и сварки монтажных пазов и стыков**

комплекс сборки монтажных соединений без использования кранового оборудования. С учетом сложных обводов корпуса к блоку обтекателя были предъявлены высокие требования по обеспечению его формы и размеров.

Для блока трамплина вначале планировалось его изготовление в цеховых условиях и монтаж на корпусе целиком. При этом существенно сокращается трудоемкость работ при монтаже в сложных условиях, но повышается вероятность больших отклонений размеров корпуса. По этой причине и из-за недостаточной грузоподъемности кранового оборудования предприятия был принят второй вариант: сборку и сварку блока осуществлять секционным методом при нахождении корпуса в док-камере, что позволит контролировать размеры и обеспечивать более точное соблюдение обводов носовой части корпуса.

Была поставлена задача рационализировать процессы сборки и сварки носового обтекателя и блока трамплина и разработать технологические мероприятия по снижению (компенсации) сварочных деформаций, в частности: обосновать для обтекателя возможность достаточно точного воспроизведения обводов носовой части корпуса; оценить возможность сборки обтекателя с основным корпусом с применением «забойных деталей» при минимальном объеме пригоночных работ, а также оценить возможности обеспечения требований к точности построения корпуса на уровне верхней палубы при сборке и сварке блока трамплина секционным методом.

Блок носового обтекателя

Результаты расчетов сварочных деформаций (рис. 5) позволили сделать следующие выводы:

• наибольшие локальные перемещения U_x достигают порядка 8 мм;

• распределение перемещений U_y в днище в ДП также свидетельствует об общем изгибе в вертикальной плоскости носового обтекателя: стрелка прогиба составляет около 8 мм;

• деформация кормового сечения носового обтекателя находится в пределах 5,7...7,6 мм (рис. 5, *б*), что не исключает пригоночные работы при последующей сборке блока с основным корпусом корабля. Было предложено применение «забойных деталей» по набору и обшивке при сборке монтажных пазов. Объем пригоночных работ при этом оказался невелик.

Блок трамплина

Результаты расчетов сварных деформаций данного блока (рис. 6) позволили сделать следующие выводы:

• наибольшие локальные перемещения U_x возникают в районах кольцевых монтажных стыков (рис. 6, *а*);

• общий изгиб блока трамплина в продольном направлении в среднем равен 10 мм (рис. 6, *б*).

Результаты расчетов остаточных сварочных деформаций для четырех технологических районов при модернизации авианесущего корабля, подтвержденные последующими измерениями, показали, что применение мероприятий по снижению остаточных деформаций позволило: существенно уменьшить максимальные вертикальные перемещения в кормовой части до 73 мм (в случае отказа от скользящих соединений секций общий изгиб корпуса мог составить до 100 мм); свести к минимуму сварочные деформации и задирание носовой части корпуса до 40 мм благодаря установке и сборке трамплина с некоторыми приспусками по высоте для компенсации последующих укорочений в сварных монтажных швах.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что снижение сварочных деформаций конструкций корпуса с применением специальных технологических мероприятий позволяет уменьшить величины несовмещений обшивки и набора в монтажных соединениях, сократить на 10—15% объем пригоночных работ и повысить качество изготовления конструкций. Это показывает целесообразность оценки сварочных деформаций с использованием МКЭ и методов их уменьшения (компенсации) при выборе рациональной технологии сборки и сварки сложных ответственных пространственных конструкций.

Литература

1. *Денисов Р. О.* Применение математической статистики в технологии судового корпусостроения. Л.: Судостроение, 1965.
2. *Васюнин С. В.* Исследование результирующих погрешностей при изготовлении плоскостных секций корпуса судна//Труды ЦНИИТС. 1962. Вып. 35.
3. *Мацкевич В. Д.* Сборка и сварка корпусов судов. Л.: Судостроение, 1968.
4. *Соколов В. Ф., Адлерштейн Л. Ц.* Размерный анализ постройки корпуса на стапеле//Труды ЦНИИТС. 1970. Вып. 93.
5. *Андреев С. Б., Головченко В. С., Горбач В. Д., Руссо В. Л.* Основы сварки судовых конструкций. СПб.: Судостроение, 2006.
6. *Глозман М. К.* Определение технологических допусков на размеры конструкций корпусов//Тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. конф. «Проектирование судовых корпусных конструкций». Николаев, 1983.
7. *Столярский Л. Л., Соколов В. Ф.* К вопросу оптимизации уровней точности судовых корпусных конструкций//Труды ЛКИ. Вып. 177 «Вопросы изготовления, сварки и монтажа судовых конструкций». 1982.
8. *Глозман М. К.* Опыт контуровки секций в чистый размер//Производств.-техн. сб. 1957. Вып. 3—4.
9. *Герчиков Я. И.* Опыт завода при сборке судна из оконтурованных секций//Труды НТО СП. Т. VIII, вып. 3. Л.:Судпромгиз, 1959.
10. *Алферов В. И., Михайлов В. С.* Математическое моделирование процесса накопления сварочных деформаций при изготовлении конструкций танкера с применением метода конечных элементов//Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Вып. «Прочность судов транспортного флота», 1996.
11. *Михайлов В. С., Алферов В. И.* Математическое моделирование остаточных сварочных деформаций при изготовлении корпусов судов//Судостроение. 1998. № 2.
12. *Алферов В. И., Михайлов В. С.* Оценка сварочных деформаций при изготовлении крупногабаритных конструкций и корпусов судов с применением метода конечных элементов//2-я Междунар. конф. по судостроению ICS'98. Секция «Прочность, надежность и ресурс корпусов судов и морских сооружений». СПб., 1998.
13. *Алферов В. И., Михайлов В. С.* Методика расчета сварочных деформаций с использованием метода конечных элементов при вварке изделий насыщения в цилиндрические и сферические конструкции//4-я Междунар. конф. по морским интеллектуальным технологиям. Сб. тез. докл. СПб., 20—22 сентября 2001.
14. *Алферов В. И., Михайлов В. С.* Оптимизация технологических процессов на основе математического моделирования операций сборки и сварки с применением программирования и вычислительной техники//Конф. «Ресурсосберегающие технологии: математическое обеспечение оптимизационных задач в системах автоматизированного проектирования». СПб., 2001.
15. РД 5Р.9807—93. Корпуса металлических судов. Методы определения и предотвращения остаточных сварочных деформаций.
16. *Алферов В. И., Куликов В. П., Михайлов В. С.* Оценка сварочных деформаций корпуса ТАВРК «Адмирал Горшков» и технологических мероприятий по их снижению//Судостроение. 2008. № 1.

ПЕРВЫЙ В МИРЕ АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ «ЛЕНИН»

В. А. Старшинов, ОАО ЦКБ «Айсберг»

УДК 627.175.002.5:629.561.5

3 декабря 2009 г. исполнилось 50 лет со дня вступления в строй отечественного ледокольного флота первого в истории надводного судостроения судна с энергетической установкой на ядерном топливе — атомного ледокола «Ленин», а 30 декабря — 110 лет со дня рождения главного конструктора атомохода Василия Ивановича Неганова. Эти юбилейные даты — хороший повод, чтобы вспомнить, как создавался первый атомный ледокол, а также провести некоторые исторические параллели.

1953-й год стал знаменательным в истории отечественного ледоколостроения. По предложению академиков А. П. Александрова и И. В. Курчатова, а также заместителя Председателя Совета Министров СССР В. А. Малышева Совет Министров СССР решением № 2840-1203 от 20 ноября 1953 г. постановил приступить к проектированию и строительству атомного ледокола для Арктики. 3 декабря главным конструктором атомного ледокола (пр. 92) назначается В. И. Неганов. Научным руководителем стал академик А. П. Александров, главным конструктором атомной паропроизводительной установки — профессор И. И. Африкантов.

Проектировался и строился атомный ледокол в чрезвычайно сжатые сроки. Предэскизный проект был разработан в январе—июле 1954 г., эскизный проект — в августе 1954 г.—апреле 1955 г., технический проект в марте—декабре 1955 г. и параллельно, с сентября 1955 г., началась разработка рабочих чертежей для завода-строителя.

17 июля 1956 г. на Адмиралтейском заводе (ныне ОАО «Адмиралтейские верфи») была произведена закладка первого в мире атомного ледокола, которому присвоили наименование «Ленин», а 5 декабря 1957 г. ледокол спустили на воду. 20 октября следующего года начались его швартовные испытания с питанием еще от береговых источников пара и электроэнергии. С 19 марта по 12 апреля 1958 г. на заводе провели гидравлические испытания атомной паропроизводящей установки (АППУ) на холодной воде, а с 12 апреля по 4 мая — на горячей воде. В июле 1959 г. завод осуществил загрузку трех реакторов топливом и провел полные испытания АППУ у стенки завода, а 6 августа — физический пуск первого реактора.

3 декабря 1959 г. акт приемки о вводе атомного ледокола «Ленин» в опытную эксплуатацию был подписан. 6 мая 1960 г. «Ленин» прибыл в порт приписки Мурманск, а 29 мая — совершил первый выход в Арктику.

В результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках проекта, а также нескольких итераций проектных проработок ледокол приобрел следующие основные характеристики: длина наибольшая — 134 м, ширина наибольшая — 27,6 м, высота борта до ВП — 16,1 м, осадка во льдах — 10,4 м, мощность главной энергетической установки — 44 000 л. с., мощность основной электростанции — 5000 кВт, мощность резервной электростанции — 1000 кВт, водоизмещение полное — 17 810 т, предельная ледопроходимость (толщина преодолеваемого льда при скорости ~1 м/с, или ~2 уз) — 1,6—1,7 м, экипаж — 236 чел.

При проектировании ледокола особое внимание уделялось выбору формы носовой оконечности, определяющей ледовые качества судна в целом. Работы проводились на моделях в ледовом бассейне Арктического и антарктического научно-исследовательского института и на основании данных натурных испытаний ледоколов, проводившихся в конце 40-х — начале 50-х годов. При проектировании кормовой оконечности основное внимание было обращено на надежную защиту гребных винтов и руля от воздействия льда, а также ледопроходимость на заднем ходу.

Для улучшения ледопроходимости ледокол был оборудован специальными креновой и дифферентной системами. Высокая маневренность во льдах достигалась благодаря малому отношению длины к ширине. Непотопляемость ледокола, имеющего 11 главных водонепроницаемых переборок, обеспечивалась при затоплении любых двух смежных отсеков.

Для возможности работы в высоких широтах Арктики толщина ледового пояса наружной обшивки в средней части ледокола составляла 36, в носовой оконечности — 52, в кормовой оконечности — 44 мм. Такая повышенная прочность корпуса и наличие двойных бортов обеспечивали надежную защиту реакторного отсека, даже в случае

наиболее тяжелых аварий, например, при столкновении с судами в открытом море. Так, расчетная оценка последствий гипотетической аварии — столкновения ледокола «Ленин» с ледокольным транспортным судном водоизмещением около 11 000 т показала, что даже при ударе носом под прямым углом к борту ледокола повреждение его корпуса не будет сопровождаться разрушением реакторного отсека.

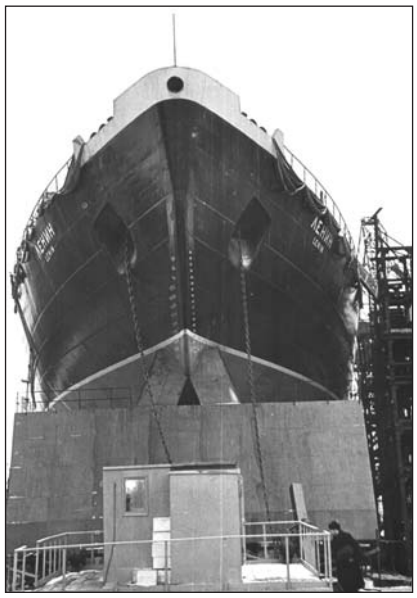
При выборе типа реактора (водо-водяного типа ОК-150) для ледокола особое внимание обращалось на надежность и безопасность установки и стабильность ее работы. Несмотря на достижение требуемой тепловой мощности одним реактором, было решено установить на ледоколе три реактора (тепловой мощностью по 90 МВт) — два работающих и один резервный.

Три гребных винта ледокола приводились в действие тремя гребными электродвигателями, из которых средний имел мощность 19 600 л. с., а бортовые по 9 800 л. с.

Выбор атомной энергетической установки ледокола и пропульсивного комплекса в целом оказался удачным. Благодаря их использованию удалось создать ледокол, обладающий высокой энерговооруженностью и большой автономностью при ограниченных главных размерениях, что обеспечило требуемую ледопроходимость и хорошую маневренность практически в любой ледовой обстановке.

Эксплуатация ледокола показала, что он способен продвигаться непрерывным ходом в сплошных припайных и дрейфующих льдах толщиной до 2 м, форсировать торосистые перемычки высотой более 3 м. Вступление в строй ледокола «Ленин» позволило в три раза увеличить среднюю скорость проводки караванов транспортных судов по арктическим трассам, а его ледовые качества (ледовая ходкость и ледовая прочность) — на месяц—полтора раньше открывать полярную навигацию и на месяц позже традиционных сроков ее заканчивать.

Вспоминая создателей первого атомного ледокола, было бы не справедливо не



Атомный ледокол «Ленин» на стапеле Адмиралтейского завода

вспомнить тех, кто принимал участие в изготовлении и доводке передовой техники тех лет:

• проект ледокола — Центральное конструкторское бюро «Айсберг» (Ленинград);

• строительство ледокола — Адмиралтейский завод (Ленинград);

• проект атомной установки — Особое конструкторское бюро машиностроения (Горький);

• изготовление атомной установки — Машиностроительный завод (Горький);

• металлургические заготовки атомной установки — завод «Баррикады» (Сталинград);

• парогенераторы, вспомогательные котлы, паровая арматура — Специальное конструкторское бюро котлостроения и Балтийский завод (Ленинград);

• главные турбозубчатые агрегаты — Специальное конструкторское бюро и производство Кировского завода (Ленинград);

• вспомогательные турбогенераторы — конструкторское бюро и производство Турбинного завода (Калуга);

• главные генераторы, гребные электродвигатели — конструкторское бюро и производство завода «Электросила» (Ленинград);

• система электродвижения — ВНИИ Электромеханики (Москва);

• гребные винты — завод «Звездочка» (Северодвинск);

• приборы радиационного контроля — Союзный НИИ приборостроения (Москва);

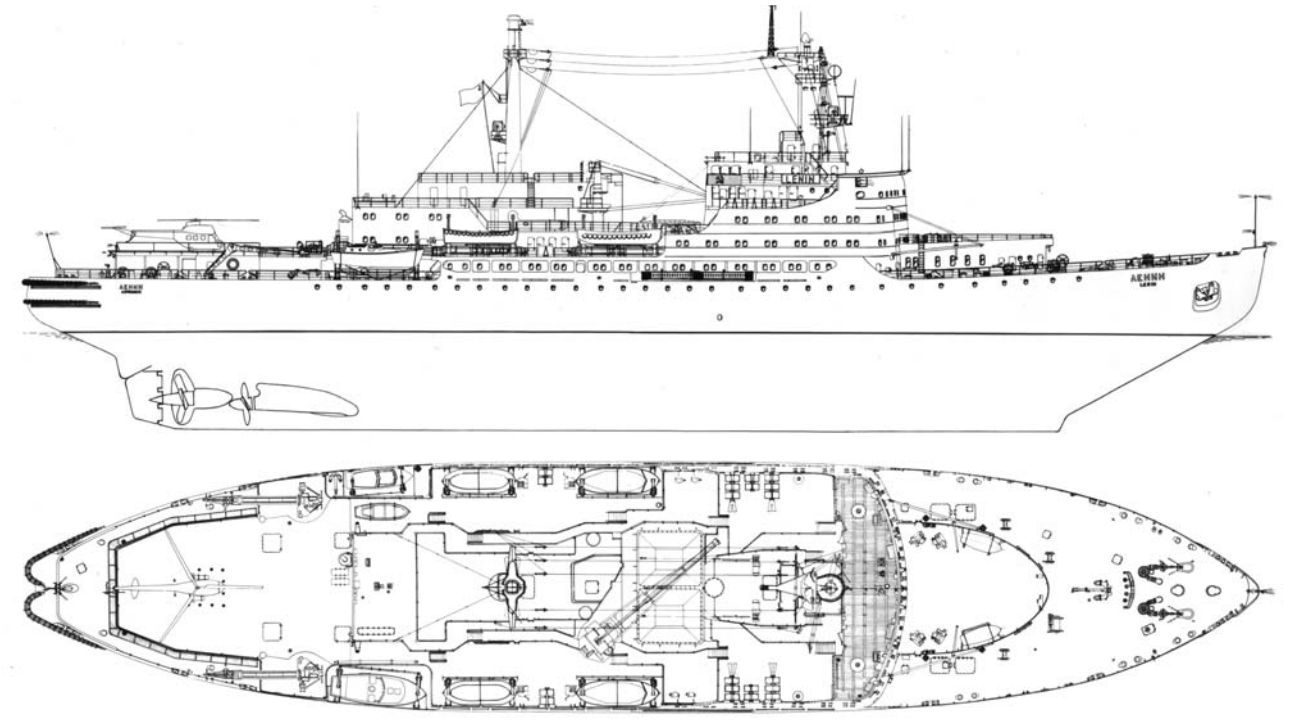
• аварийные дизель-генераторы — завод «Трансмаш» (Барнаул);

• резервный дизель-генератор — Машиностроительный завод им. Малышева (Харьков).

Созданные этими и многими другими коллективами оборудование и комплектующие изделия продемонстрировали высокую надежность и эффективность и успешно эксплуатировались в экстремальных условиях вплоть до 20 декабря 1989 г., когда ледокол стал на «вечную стоянку» в Мурманске.

Нельзя не отметить, что первенец отечественного атомного ледоколостроения не только выполнял свои прямые обязанности по проводке судов в арктических льдах, но и служил экспериментальной базой для создания атомоходов нового поколения. В 1966 г. после шести лет эксплуатации ледокол «Ленин» был поставлен на капитальный ремонт и модернизацию с заменой атомной установки ОК-150 на установку типа ОК-900, рассчитанную на мощность 171 МВт. Работы по модернизации, с точки зрения инженерной практики, носили поистине уникальный характер и не уступали по своей сложности и новизне процессу создания первого атомного ледокола.

Спуск на воду ледокола «Ленин». 5 декабря 1957 г.



Чертежи общего расположения атомного ледокола «Ленин»

Для замены реактора предстояло: удалить из корпуса ледокола существующую атомную установку с соблюдением условий радиационной безопасности; спроектировать и изготовить новую экономичную, надежную и ремонтопригодную атомную установку; в освобожденный отсек ледокола «вписать» новую установку с обслуживающими ее системами и оборудованием; обеспечить приемлемые характеристики остойчивости, непотопляемости и посадки ледокола при установке дополнительных конструкций и оборудования массой 1200 т.

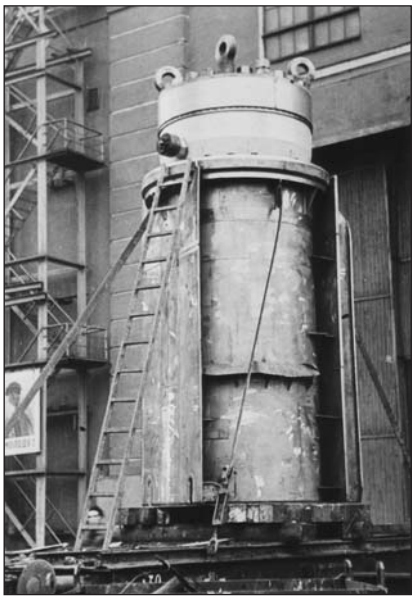
Разработку проекта модернизации ледокола возглавлял главный конструктор ЦКБ «Айсберг» В. И. Неганов, а работы по модернизации проводились силами Адмиралтейского завода и завода «Звездочка».

22 апреля 1970 г. завершили ремонт и модернизацию ледокола и реакторы вывели на физический уровень мощности, 20 июня подписали акт приемки, и на следующий день «Ленин» вышел в море.

До вступления в строй атомного ледокола второго поколения типа «Арктика» (пр. 1052) оставалось менее 4 лет, и установка ОК-900, которая и разрабатывалась для этих ледоколов, должна была в кратчайшие сроки пройти на ледоколе «Ленин» всестороннюю проверку. В 1970 г. за пять месяцев навигации ледокол «Ленин» имел 124 ходовых суток и провел 139 судов, преодолев 17 547 миль, из которых 14 926 — во льдах, что позволило убедиться в высокой надежности и эффективности новой атомной установки.

Опыт эксплуатации ледокола в разнообразных ледовых условиях был использован при создании последующих атомных ледоколов. Так, наряду с применением новой АППУ, учитывались недостатки ледовых ящиков (их новая конструкция оборудовалась системой рециркуляции) и забортных систем. На смену генераторам постоянного тока пришли генераторы переменного тока со специальными выпрямительными устройствами постоянного тока для работы электродвигателей. Основательные изменения претерпела конструкция гребных винтов (внесены изменения в распределение мощности между средним и бортовыми винтами), а также начались работы

Погрузка на борт ледокола якоря гребного электродвигателя



Один из реакторов АППУ перед установкой на ледокол

Атомный ледокол «Ленин» на Неве

по созданию нового буксирного устройства для обеспечения проводки судов во льдах буксировкой вплотную и многое другое.

Первый выход атомного ледокола «Ленин» в Арктику состоялся 29 мая 1959 г., а спустя 30 лет 6 месяцев и 23 дня — 20 декабря 1989 г. ледокол был выведен из эксплуатации. За прошедшие годы первенец атомного ледоколостроения участвовал в 26 арктических навигациях; прошел 654 400 миль, из них 560 600 миль во льдах; провел через льды Северного Ледовитого океана 3700 судов. При этом средняя мощность установок составила: № 1 — 38,85% $N_{ном}$, № 2 — 54,75% $N_{ном}$; суммарное время работы: № 1 — 106 700 ч, № 2 — 106 400 ч; энерговыработка: № 1 — 6,523х 10^6 МВт·ч, № 2 — 6,398х10^6 МВт·ч.

Создание атомного ледокола — крупный успех отечественного судостроения мирового уровня, значение которого даже спустя 50 лет невозможно переоценить. На основании опыта эксплуатации атомохода «Ленин» и на базе оригинальных отечественных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ наша страна смогла создать целый атомный ледокольный флот, который был способен не только обеспечить круглогодичную навигацию по Северному морскому пути и плавание по высокоширотным трассам, но и достигать Северного полюса. 17 августа 1977 г. атомный ледокол «Арктика» впервые в истории мореплавания покорил вершину планеты, затратив на путь от Мурманска к Северному полюсу и обратно около двух недель, а начиная с 90-х годов XX века отечественные атомные ледоколы выполняют регулярные рейсы к Северному полюсу с туристами на борту.

Сегодня арктический шельф стал предметом пристального интереса и соперничества многих экономически развитых стран. Наличие атомного ледокольного флота позволяет России, в отличие от виртуальных зарубежных арктических мореплавателей, реально осваивать Арктику и осуществлять навигацию в любых широтах и ледовых условиях.

Как же это удалось? 1953 год — всего восемь лет после войны. Страна живет впроголодь и, напрягая все силы, восстанавливает разрушенную промышленность. Атомная энергетика делает только первые шаги. И в это время принимается решение о создании гражданской морской техники, не имеющей аналогов в мировой практике судостроения. В основе этого успеха лежит много составляющих, главные среди которых — политическая воля и опора на профессионалов высшей квалификации. Посмотрите! 20 ноября 1953 г. принимается решение Совета Министров о начале проектирования и строительства атомного ледокола. 3 декабря 1953 г. назначается главный конструктор проекта. 9 декабря 1953 г. приказом министра транспортного и тяжелого машиностроения создается проектное бюро, которое практически через три недели, с января 1954 г., приступает к проектированию атомного ледокола и в декабре 1955 г. завершает разработку технического проекта.

Каким бы странным это ни казалось сегодня, но при организации финансовоемких работ по созданию первого атомного ледокола смогли обойтись без широкого спектра топ-менеджеров. Возглавил этот проект не лукавый экономист, а инженер-кораблестроитель высшей пробы В. И. Неганов, имеющий более чем 20-летний опыт работы в судостроительной промышленности, организатор и участник создания теории проектирования ледоколов, руководитель натурных испытаний ледоколов «Ермак» и «Трувор» в 1940 г. и ледокола «Илья Муромец» в послевоенные годы. Весь комплекс работ по созданию энергетики ледокола возглавили не комсомольские выдвиженцы, а отцы-основатели отечественной атомной энергетики в целом и «мирного атома» в частности — академики А. П. Александров и Н. С. Хлопкин, профессор И. И. Африкантов. Ну, а руководителем работ по обеспечению радиационной безопасности был назначен не общественный деятель, а крупный специалист и организатор отечественного здравоохранения А. И. Бурназян. И вот результат: при полном отсутствии опыта и анало-

«Ленин» во льдах Арктики

гов 20 ноября 1953 г. принимается политическое решение о создании атомного ледокола, а 3 декабря 1959 г. атомный ледокол передается в опытную эксплуатацию.

А вот еще один почти фантастический на сегодняшний день результат — первенец атомного ледокольного флота укомплектован оригинальным оборудованием исключительно отечественного производства. И это в 50-е послевоенные годы.

Перспективы отечественного арктического судостроения в определяющей мере зависят сегодня от заказчиков ледоколов и ледокольных судов. Будут эти суда проектироваться и строиться в России или нет — зависит от них. Хочется верить, что и государство не останется в стороне от решения этой если не политической, то уж точно крупной экономической задачи. При этом хочется надеяться, что реализация решений будет идти в том же темпе, как и организация проектирования и строительства первого атомного ледокола. Сегодня в отечественном ледоколостроении еще есть высококлассные специалисты в области ледовой ходкости, ледовой прочности, ледовых движителей, ледокольной энергетики. Еще живы специалисты, талант и знания которых позволили создать проекты атомохода «Ленин», атомных ледоколов второго поколения (пр. 1052 и 10521), разработать проект 22220 атомохода III поколения. Еще есть рабочие и инженеры, руки которых «помнят обшивку ледового пояса» этих ледоколов. Очень хотелось бы успеть и не забыть!

110 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В. И. НЕГАНОВА

Герой Социалистического Труда, лауреат Сталинской премии, доктор технических наук, главный конструктор атомных ледоколов «Ленин» и «Арктика» Василий Иванович Неганов родился 17 декабря 1899 г. в селе Рожки Вятской губернии в крестьянской семье.

В 1926 г. он поступил в Ленинградский политехнический институт на судостроительный факультет и в 1931 г. оканчивает уже Кораблестроительный институт с дипломом инженера-кораблестроителя.

После окончания института становится старшим инженером, а затем начальником сектора, помощником начальника отдела КБ-4 на Балтийском заводе. В 1936 г. назначен начальником отдела ЦКБ-4, а с 1940 г. главным конструктором проекта.

В 1942 г. В. И. Неганов был направлен в США в составе закупочной комиссии по поставке в Россию военной техники по ленд-лизу. После возвращения в 1946 г. из Америки В. И. Неганов направлен на работу в ЦКБ-17 на должность начальника проектного отдела, где включается в работу по созданию мощного ледокола для Северного морского пути (СМП).

Приказом Минсудпрома № 161 от 28.05.47 для исполнения Постановления Правительства от 22.05.47 предлагалось для разработки эскизного, технического проектов и рабочих чертежей ледокола, а также ледокольно-транспортного судна организовать Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) «Л», сосредоточив в нем специалистов МСП и Главсевморпути.

Первым начальником ЦКБ «Л» был назначен Б. Я. Гнесин, главным

В. И. Неганов (1899—1978)

инженером и главным конструктором ледокола пр. 90 — В. И. Неганов.

Кроме разработки проектов ледокола и ледокольно-транспортного судна на ЦКБ было возложено составление ТТЗ и разработка технического проекта на достройку пограничного ледокольного сторожевого корабля пр. 52, главным конструктором которого был назначен В. И. Неганов.

В декабре 1949 г. в МСП происходит реорганизация ряда ЦКБ, и приказом Минсудпрома от 12.12.49 предписывалось организовать на заводе 194 (ныне Адмиралтейские верфи) специальное конструкторское бюро, и ЦКБ «Л» становится СКБ-194 в составе завода. В. И. Неганов назначается начальником СКБ-194 и главным конструктором проекта нового сторожевого корабля (пр. 50).

В 1953 г. конструкторская документация по этим кораблям была полностью передана в конструкторское бюро завода «Янтарь» (Калининград).

По документации проекта 50 на судостроительных заводах было построено 68 кораблей, обеспечивших защиту водных рубежей страны.

В СКБ-194 были разработаны рабочие чертежи пограничного ледокольного сторожевого корабля пр. 52. Но в 1954 г. вся документация по этому проекту была передана конструкторскому бюро Адмиралтейского завода. Сам же пограничный сторожевой корабль «Пурга» сдали заказчику в 1957 г.

В 1952 г. в СКБ-194 под руководством В. И. Неганова на базе ледокола пр. 90 выполнили проработку ледокола (пр. 91) с установкой 12 дизелей суммарной мощностью 21 600 л. с. и электрической 3-вальной гребной установкой. Проект был рассмотрен Минсудпромом, ГУ Севморпути, ВМФ и в конце 1952 г. совместным решением представлен на утверждение Совету Министров. Этот вариант ледокола мощностью около 22 000 л. с. стал основой для заказа у Финляндии серии дизельных ледоколов типа «Москва».

В марте 1953 г. Минсудпром вошел в состав Министерства транспортного и тяжелого машиностроения. Постановлением № 2840-1203 от 20.11.53 Совет Министров предложил промышленным министерствам приступить к проектированию и строительству мощного атомного ледокола для Арктики. Этим же ре-

шением было определено создание Центрального конструкторского бюро для проектирования атомных ледоколов и ледокольно-транспортных судов. Приказом Минтранстяжмаша № 0901 от 03.12.53 главным конструктором атомного ледокола пр. 92 назначили В. И. Неганова, а для разработки проекта атомного ледокола на базе СКБ-194 организовали самостоятельное ЦКБ-15. Этим же приказом В. И. Неганов освобождался от обязанностей главного конструктора проектов 50 и 52 и назначался начальником ЦКБ-15, главным инженером ЦКБ стал Б. Я. Гнесин.

Основной работой коллектива ЦКБ-15 стала разработка эскизного, а затем технического проекта атомного ледокола, которому было присвоено наименование «Ленин».

Начало 1960 г. было отмечено значительным событием. За успешное выполнение заданий правительства по созданию атомного ледокола «Ленин» Указом Президиума Верховного Совета от 14 мая 1960 г. ЦКБ-15 наградили орденом Ленина. Главному конструктору проекта — начальнику ЦКБ-15 В. И. Неганову присвоили звание Героя Социалистического Труда. Лауреатами Ленинской премии стали: главный инженер ЦКБ-15 Б. Я. Гнесин и главные конструкторы по специализации Н. А. Агафонов, П. П. Березин, А. И. Брандаус, Н. К. Горбатенко.

В мае 1962 г. приказом МСП В. И. Неганов освобождается от должности начальника ЦКБ-15 и на него возлагают обязанности главного конструктора проекта 92. Решением Высшей аттестационной комиссии от 3 ноября 1962 г. протокол № 15/с В. И. Неганову присуждена ученая степень доктора технических наук.

Большая работа была проведена В. И. Неганов ым по модернизации ледокола «Ленин».

На ледоколе «Ленин» вышел из строя один из реакторов, устранить протечку реактора не представлялось возможным. К этому времени ОКБМ уже разработало новую АППУ для атомных ледоколов нового поколения мощностью 75 000 л. с.

Было принято решение правительства по замене на «Ленине» АППУ-ОК 150 на АППУ-ОК 900. Главным конструктором по модернизации ледокола «Ленин» (проект 92М) был назначен В. И. Неганов. Основная задача состояла в удалении центрального отсека из корпуса ледокола. Общий вес удаляемых конструкций составлял более 3,5 тыс. т. Как поведет себя ледокол, имея общее водоизмещение 16 тыс. т, после удаления отсека?

Сложнейшая операция была проведена летом 1967 г. в районе Новой Земли. Раздался взрыв установленных на переборках зарядов, отсек ушел на дно Карского моря, а ледокол только чуть-чуть изменил осадку. Операция прошла успешно.

В 1964 г. правительством было утверждено техническое задание на проектирование и постройку двух мощных атомных ледоколов для Арктики (пр. 1052). В. И. Неганов был утвержден главным конструктором проекта. Под его руководством к концу 1966 г. разработали эскизный проект нового атомного ледокола мощностью 75 000 л. с., который был утвержден в начале 1967 г.

В марте 1968 г. начальник ЦКБ «Айсберг» А. Е. Перевозчиков утверждается главным конструктором проектов 1052 и 92М. В. И. Неганов становится научным консультантом по проектам 1052 и 92М. Разработка технического проекта нового мощного атомного ледокола была завершена в конце 1969 г. и в марте 1970 г. технический проект был утвержден. Ледоколам присвоили наименования «Арктика» и «Сибирь».

Являясь научным консультантом, В. И. Неганов внес большой научный вклад в создание раздела Регистра судостроения, посвященного атомным судам и судам атомного технологического обслуживания.

В. И. Неганов принимал непосредственное участие в создании баз технического обеспечения нормальной эксплуатации атомных ледоколов (база «Лепсе», ряд хранилищ твердых отходов и оборудования «Володарский», «Бауман» и др.). Вложен труд и опыт В. И. Неганова в создание целой серии портовых ледоколов пр. 97, до самых последних дней своей жизни он интересовался делами ЦКБ.

Умер В. И. Неганов 30 декабря 1978 г. и похоронен на Большеохтинском кладбище. На могиле установлен памятник с надписью «В. И. Неганов — Герой Социалистического Труда и создатель атомных ледоколов "Ленин" и "Арктика"».

А. Г. Амосов
(ОАО ЦКБ «Айсберг»)

«САВАННА», «ОТТО ГАН», «МУЦУ», «СЕВМОРПУТЬ»

Первым гражданским транспортным судном с атомной энергетической установкой (АЭУ) стала «Саванна» («Savannah»), спущенная на воду 21 июля 1959 г. Это грузопассажирское судно было построено на верфи New York Shipbuilding Corp. за 46,9 млн дол. (в том числе 28,3 млн дол. стоили АЭУ и ядерное топливо). Постройка была завершена в декабре 1961 г., судно приняли в эксплуатацию 1 мая 1962 г., а спустя три месяца состоялся первый рейс.

Длина «Саванны» 181,66 м, ширина 23,77 м, тоннаж 13 599 GRT, грузоподъемность 8500 т (по объему — 18 000 м^3), экипаж насчитывал 124 чел. Один реактор Babcock & Wilcox мощностью 74 МВт обеспечивал работу двух паровых турбин De Laval, вращающих один гребной винт. Максимальная скорость 24 уз, эксплуатационная — 21 уз, дальность

«Savannah»

«Otto Hahn»

плавания без перезарядки реактора — 300 000 миль.

Судно эксплуатировалось до 1972 г., посетило свыше 70 портов, на его борту побывало около 1,4 млн гостей, которым демонстрировались возможности «мирного атома» — именно под этим лозунгом президента США Д. Эйзенхауэра в 1955 г. было заказано это судно.

«Саванна» оказалась неконкурентоспособной (хотя получение прибыли было, конечно, не единственной целью, ради которой она создавалась). При таких же размерениях обычный сухогруз брал на борт в 4—5 раз больше груза, а экипаж был значительно меньше, не говоря уже о расходах, связанных с АЭУ, радиацией и т. п. Несмотря на возможность комфортабельного размещения пассажиров (60 чел.), популярностью в этом плане судно не пользовалось.

10 января в 1972 г. «Саванну» вывели из эксплуатации и использовали в качестве туристического объекта. В 1994 г. провели ремонт с выгрузкой ядерного топлива. В 2008 г. судно отбуксировали в Балтимор, где его собственник (Maritime Administration — MARAD) предложил инвесторам превратить его в полноценный плавучий музей. В июле 2009 г. состоялись торжества, посвященные 50-летию «Саванны» как национальной достопримечательности (National Historic Landmark).

Вторым транспортным атомоходом был немецкий «Отто Ган» («Otto Hahn»). Планы его создания как грузового и научно-исследовательского судна с АЭУ начали претворяться в жизнь с 1960 г. В 1963 г. состоялась закладка на верфи Howaldtswerke Deutsche Werff, спустили на воду судно на следующий год, в 1968 г. произвели пуск реактора мощностью 38 МВт и в октябре того же года приняли судно в эксплуатацию.

Наибольшая длина судна «Отто Ган» составляла 172 м, ширина 23,4 м, полное водоизмещение 25 790 т, вместимость 14 040 GRT, максимальная скорость 17 уз, экипаж насчитывал 63 чел. (плюс 35 научных работников). Изготовители реактора — Babcock & Wilcox—Dampfkesselwerke AG и International Atomreaktorbau GmbH.

Эксплуатация с АЭУ продолжалась до 1979 г. — судно прошло 650 000 миль, посетило 33 порта в 22 странах. Затем АЭУ и пропульсивный комплекс были демонтированы, и атомоход превратился в обычный контейнеровоз с дизельной энергетической установкой под наименованием «Trophy». Потом его не раз переименовывали — «Norasia Susan», «Norasia Helga», «Hua Kang He», «Anais» и, наконец, под флагом Либерии — «Madre».

«Mutsu»

Судьба японского грузового атомохода «Муцу» («Mutsu») оказалась незавидной, так как ни одного коммерческого рейса он не сделал. Судно заложили 17 ноября 1968 г. на верфи Ishikawajima—Harima Heavy Industries, спустили на воду 12 июня 1970 г., ядерное топливо было загружено в реактор фирмы Mitsubishi в сентябре 1972 г. Длина судна 130 м, ширина 19 м, водоизмещение 8240 т, мощность реактора 36 МВт, скорость 17 уз, экипаж 80 чел.

С первого дня создание «Муцу» сопровождалось протестами японской общественности. Так, после того, как стало известно об утечке радиации, судно было на 50 дней заблокировано рыбаками и не могло вернуться в порт после испытаний в море.

Несмотря на ряд модернизаций для решения многочисленных технических проблем, в том числе связанных с радиационной защитой, пройдя 51 000 миль в ходе испытаний, «Муцу» так и не начало эксплуатироваться по назначению. В 1992 г. судно списали, потратив за 25 лет около 1,2 млрд дол. После демонтажа реактора в 1995 г. его переоборудовали в обсервационное, назвав «Mirai».

Самым мощным из четырех атомных транспортных судов, построенных в мире, стал советский ледокольный лихтеровоз «Севморпуть» с АЭУ, включающей реактор мощностью 135 МВт. Судно было построено по проекту 10081 (ЦКБ «Балтсудопроект») на судостроительном заводе «Залив» в Керчи и сдано в эксплуатацию 31 декабря 1988 г. Его наибольшая длина 260,3, между перпендикулярами 228,8, ширина 32,2, высота борта 18,3, осадка по летнюю грузовую марку 11,8 м, дедвейт 33 980 т, водоизмещение 61 880 т, скорость 20,8 уз. Судно предназначается для перевозки 74 лихтеров массой

по 450 т (с грузом) или 1328 20-футовых контейнеров. Оно может преодолевать лед толщиной до 1 м со скоростью 2 уз.

Лихтеровоз успешно эксплуатировался Мурманским морским пароходством на линиях Мурманск—Дудинка—Мурманск, совершал рейсы в КНДР, Вьетнам, по Северному морскому пути и др. Сменив один раз ядерное топливо, судно прошло 302 000 миль, перевезя более 1,5 млн т грузов. Уникальный ледокольный лихтеровоз «Севморпуть» и сейчас в строю (хотя ядерное топливо выгружено) в ожидании новых рейсов. С августа 2008 г. его владелец — госкорпорация «Росатом», управление осуществляет ФГУП «Атомфлот». Если не будет в ближайшее время найден партнер для использования лихтеровоза в перевозках, в 2010 г. судно отправят на утилизацию, заявил В. В. Рукша, генеральный директор «Атомфлота».

«Севморпуть»

Несмотря на широкое применение АЭУ в военном флоте (на сотнях атомных подводных лодок, на авианосцах и крейсерах) и на огромный положительный опыт эксплуатации российских атомных ледоколов, в гражданском транспортном судостроении, использование АЭУ ограничивается до сих пор всего четырьмя судами. Причин много, в том числе предвзятое общественное мнение. Но несомненно, если нефть будет дорожать, если расходы на обычное топливо непомерно возрастут — пара десятков килограмм урана, которые обеспечат несколько сотен тысяч миль плавания, в принципе могут решить проблему (*http: //nssavannah.net; www.radiationworks.co; www.iaea.org; www.rosatom; www.atomflot.com; Морские вести. 2009. № 13, 14; MER. 2009. July/August. P. 38—44; Судостроение. 1988. № 6. С. 3—9*)).

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НАД ВОЛНЕНИЕМ НА ДИНАМИКУ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

В. А. Абрамовский, канд. техн. наук, главный конструктор ОАО ЦМКБ «Алмаз», e-mail: office@almaz-kb.sp.ru

УДК 532.517.4

Все морские объекты, попадающие в процессе эксплуатации в штормовые условия (суда, плавучие буровые установки, самолеты и вертолеты палубной авиации), подвергаются одновременному воздействию волнения и ветра. Хотя энергетическая связь этих процессов в настоящее время достаточно хорошо изучена, в выполняемых до последнего времени расчетах динамики судов и других морских объектов каждый из этих возмущающих факторов учитывается раздельно. Согласно методике Регистра [1], основанной на классических работах по теории корабля [2, 3], первоначально определяется максимальный угол бортовой качки на волнении без ветра, а затем прикладывается кренящий момент от динамической ветровой нагрузки, которая задается в виде порыва (шквала) с большим градиентом нарастания скорости и последующим постоянством ее максимального значения во все время наклонения. Связь ветра и волнения в этом случае выражается лишь обобщенными метеорологическими данными (например, шкалой волнения и шкалой Бофорта для определения скорости и давления ветра в шквале), а структура поля скоростей ветра над волнением не учитывается.

В расчетах динамики экранопланов используется принятая в авиации методика задания аэродинамических возмущений в виде дискретных порывов, представляющих мгновенные приращения вектора скорости ветра по координатным осям. В результате определяются динамические отклонения координат (тангажа, крена, высоты) относительно установившегося режима движения на различных высотах от экрана. И в этом случае скорость ветра в порыве также задается постоянной, в соответствии с заданной балльностью, но вне связи с характеристиками волнения. Такой подход справедлив с точки зрения общей оценки безопасности объекта, но недостаточен для описания его движения в реальных условиях, как непрерывного процесса, когда на объект действуют одновременно ветер и волнение.

Отечественными океанографами в 1970—1990 гг. проведены широкомасштабные исследования спектральной структуры воздушного потока и процессов динамического взаимодействия ветра и волнения вблизи раздела двух сред, библиография которых насчитывает сотни наименований — от фундаментальных монографий [4—7] до научных сборников и статей [8—12]. Но большинство упомянутых исследований имеют гидрофизическую или гидрометеорологическую направленность, и поэтому, естественно, ряд аспектов, существенных с точки зрения техни-

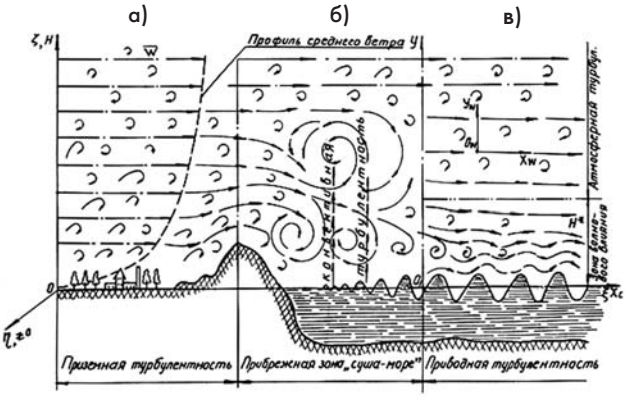


Рис. 1. **Схема турбулентности в приземном слое (*а*), в прибрежной зоне (*б*), в приводном слое над волнением (*в*)**

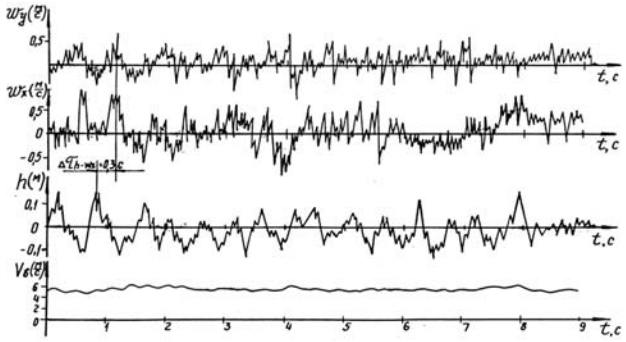


Рис. 2. **Синхронные реализации волнения и ветра. Подвижный измеритель. Скорость относительно воды $V_г$ = 9 м/с; скорость ветра $W_{ср}$ = 4 м/с; курс 180° (по потоку); $y/h_{ср}$ = 2 [13]**

ческих приложений, остался вне их поля зрения.

Впервые с данной проблемой автор столкнулся в 70—80-х годах в ходе экспериментальных работ с моделями быстроходных морских объектов, использующих аэродинамическую силу поддержания и эффект опорной поверхности. Необходимость решения ряда практических задач динамики этих объектов побудила автора к более углубленному изучению волнения и ветра как двух взаимосвязанных процессов, воздействующих на морской объект в виде ветроволнового возмущения (ВВВ). С этой целью автором совместно с Л. Ю. Преображенским были проведены синхронные измерения скоростей ветра и высот волнения на акватории Выборгского залива с помощью подвижного измерителя, состоящего из волномерной рейки с закрепленным над ней высокочувствительным термоанемометром, установленных на выдвижной стреле быстроходного катера [13, 14].

Следующий шаг — разработка на основе этих исследований сначала физической, а затем математической модели ВВВ [15] и решение задачи определения вероятностных характеристик линейного объекта при воздействии комплекса коррелированных случайных возмущений [16]. С помощью этой модели были выполнены расчеты возмущенного движения морских объектов при совместном воздействии турбулентного ветра и морского волнения. Для лучшего понимания результатов расчета необходимо кратко изложить суть процессов взаимодействия ветра и волнения в приводном слое и основные данные по модели ВВВ.

Турбулентность ветра на большой высоте и вблизи границы раздела двух сред. Атмосферной турбулентностью принято называть неупорядоченное, хаотичное движение воздуха в атмосфере, вызванное вертикальными и горизонтальными градиентами температуры и скорости ветра. По энергетической структуре и длинам волн весь диапазон движений воздуха в атмосфере делится на три интервала [17]:

1) крупномасштабные движения: с пространственными частотами $10^{-4} \le \Omega \le 10^{-2}$ рад/м и длинами волн $6\times10^2 \le \lambda = 2\pi/\Omega \le 6\times10^4$ м;

2) инерционный интервал: $10^{-2} \le \Omega \le 10^2$ рад/м, $6\times10^{-2} \le \lambda \le 6\times10^2$ м;

3) вязкий интервал: $\Omega > 10^2$ рад/м, $\lambda < 6\times10^{-2}$ м.

Крупномасштабный интервал содержит основную долю энергии атмосферы, и хотя эти движения также имеют турбулентный характер, в динамике самолетов [17, 18] они рассматриваются как ветры постоянной скорости. Энергия крупномасштабных возмущений передается колебаниям воздуха меньших масштабов, относящихся к инерционному интервалу. Вихревое движение воздуха именно в этом интервале оказывает наибольшее воздействие на динамику самолетов («болтанка») и морских объектов («шквалы»). Характерные размеры вихрей в этом интервале (так называемый «масштаб турбулентности»), помимо метеоусловий, зависят от высоты над поверхностью и от характера самой подстилающей поверхности. Границей инерционного интервала со стороны высоких частот является вязкий интервал, характеризуемый предельно малыми (менее 10 см) размерами вихрей, в котором происходит превращение механической энергии, получаемой из инерционного интервала, в тепловую за счет вязкого трения; в расчетах динамики технических объектов энергией вязкого интервала пренебрегают.

Характеристики атмосферной турбулентности на больших высотах практически не зависят от особенностей подстилающей поверхности; в статистическом смысле их можно рассматривать как квазистационарные, однородные и изотропные, а проекции пульсаций скорости ветра по различным направлениям не коррелированы между собой. На малых высотах, в пределах пограничного слоя воздуха, турбулентность отличается анизотропией, причем структура поля скорости (как и полей температуры, давлений, влажности) существенно зависит от типа подстилающей поверхности. С этой точки зрения различают приземный пограничный слой (приземную турбулентность) и приводный пограничный слой (приводную турбулентность).

Общая схема турбулентности ветрового потока над различными подстилающими поверхностями показана на рис. 1. На рис. 2 показан фрагмент синхронной записи волнения и пульсаций скорости ветра, замеренных 2-компонентным термоанемометром на уровне примерно двух высот волн, а также приведена запись воздушной скорости $V_в = V_г - W_{ср}$, полученная с помощью пропеллерного анемометра, установленного на мачте катера (примерно 6 м от поверхности воды). Основным отличием приводной турбулентности от приземной или высотной является присутствие в поле скоростей ветрового потока колебаний, вызванных движением волн на границе раздела «вода—воздух», энергетически и статистически связанных с характеристиками волнения и зависящих от стадии его развития.

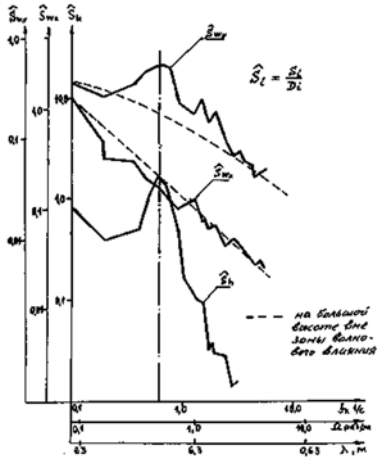


Рис.3. **Нормированные спектральные плотности волнения, горизонтальной и вертикальной пульсаций скорости ветра. Ветровое волнение $y/h_{ср} = 2$; $W_{ср} = 4$ м/с [14]**

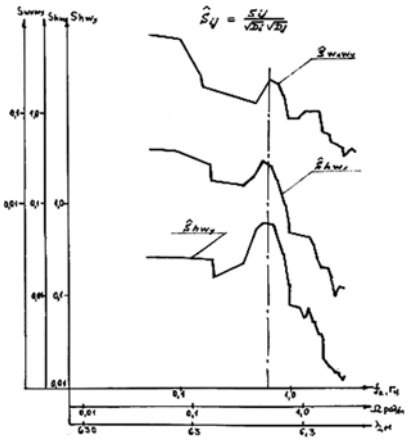


Рис. 4. **Взаимные амплитудные спектры волнения, горизонтальной и вертикальной пульсаций скорости ветра. Ветровое волнение $y/h_{ср} = 2$; $W_{ср} = 4$ м/с [14]**

Эти индуцированные поверхностными волнами колебания существуют не во всем пограничном слое, а в некотором его подслое (далее называемом «зоной волнового влияния» — ЗВВ), высота которого также зависит от стадии развития волнения. Внутри ЗВВ колебания, индуцированные волнением, коррелированы с последним и между собой, что убедительно подтверждается синхронными реализациями этих процессов (см. рис. 2), а также их корреляционными функциями и спектральными плотностями (рис. 3—5). Различные спектральные компоненты морского волнения взаимодействуют с основным ветровым потоком по-разному. Более короткие (и более крутые) ветровые волны формируют в основном шероховатость поверхности; основной поток как бы скользит над гребнями, не испытывая существенной деформации. Длинные и пологие волны зыби обтекаются воздухом, основной поток при этом одновременно и деформируется, и совершает колебательные движения с частотами, близкими к частотам этих волн, и тогда в спектрах пульсаций воздушной скорости появляются пики на частоте волнения. Поскольку в развитом морском волнении присутствуют гармоники различных частот, то в реальных условиях оба динамических режима могут наблюдаться одновременно либо один из них будет преобладающим.

Таким образом, ветровой поток в приводном пограничном слое над волнением характеризуется средней скоростью (средний ветер) и турбулентными пульсациями двух типов: не зависящими от волнения (атмосферные) и вызванными волнением (индуцированные, или волновые). Согласно математической терминологии, все перечисленные возмущения являются векторными случайными величинами, а с более общих позиций — элементами случайных полей: морского волнения и турбулентного ветра.

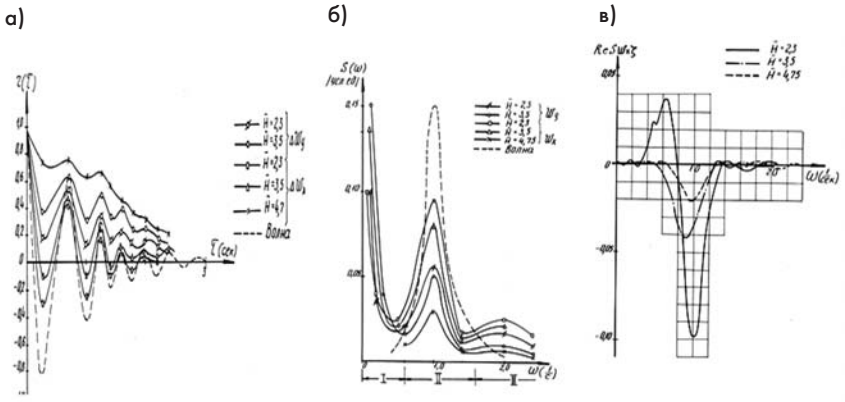


Рис. 5. **Нормированные корреляционные функции (*а*), спектральные плотности (*б*) и взаимные амплитудные спектры (*в*) волнения типа «зыбь» и продольных пульсаций скорости ветра. Неподвижный измеритель в гидроаэроканале [10]**

В соответствии с изложенной физической картиной, поле скоростей ветрового потока над волнением в земной системе координат $o\xi\eta\zeta(H)$ представляется в виде [5, 12]:

$$W(\xi,\eta,H,t) = W_0(H) + w_1(\xi,\eta,H,t) + w_2(\xi,\eta,H,t). \quad (1)$$

В связанной с объектом системе координат, в предположении горизонтальной (по осям ξ,η) однородности, для проекций вектора скорости на оси X, Y, Z получим:

$$W_X(H, t) = W_0(H) + w_{1x}(H, t) + w_{2x}(H, t),$$

$$W_Y(H, t) = w_{1y}(H, t) + w_{2y}(H, t), \quad (2)$$

$$W_Z(H, t) = w_{1z}(H, t) + w_{2z}(H, t),$$

где *1*, *2* — индексы атмосферных и индуцированных волнением пульсаций скорости ветра; $W_0(H)$ — профиль средней скорости ветра в адиабатических условиях, для расчета которого, в зависимости от высоты, используется одно из представлений логарифмического закона:

$$W_0(H) = (U/\chi)\ln(H/z_0) \quad (3)$$

где $z_0 \approx 0{,}02$— шероховатость подстилающей поверхности; $\chi = 0{,}38...0{,}43$ — постоянная Кармана; U — динамическая скорость трения, значения которой можно определить по [5] в зависимости от характеристик волнения и ветра.

В рассматриваемом случае двумерного нерегулярного волнения, для которого волновой вектор J и вектор среднего ветра W_0 параллельны и компоненты $W_Z = 0$, для математического описания модели ВВВ необходимо знание следующих статистических характеристик:

$R_\zeta(\tau)$; $Rw_{1x}(H,\tau)$; $Rw_{1y}(H,\tau)$;

$Rw_{2x}(H,\tau)$; $Rw_{2y}(H,\tau)$; $Rw_{2x\zeta}(H,\tau)$;

$Rw_{2y\zeta}(H,\tau)$; $Rw_{2x2y}(H,\tau)$;

$S_\zeta(\omega)$; $Sw_{1x}(H,\omega)$; $Sw_{1y}(H,\omega)$;

$Sw_{2x}(H,\omega)$; $Sw_{2y}(H,\omega)$; $Sw_{2x\zeta}(H,\omega)$;

$Sw_{2y\zeta}(H,\omega)$; $Sw_{2x2y}(H,\omega)$.

Напомним, что функции спектральных плотностей $S_{ij}(\omega)$ определяются обычно, как обращение Фурье соответствующих корреляционных функций $R_{ij}(\tau)$, а энергия пульсаций скорости ветра представляется соответствующими дисперсиями, как

$$\sigma_{ij}^2 = R_{ij}(0) = \int_0^\infty S_{ij}(\omega)d\omega\,, \qquad (4)$$

причем суммарная энергия продольных и поперечных компонент

$$\sigma_{wx}^2(H) = \sigma_{w1x}^2(H) + \sigma_{w2x}^2(H);$$

$$\sigma_{wy}^2(H) = \sigma_{w1y}^2(H) + \sigma_{w2y}^2(H)\,. \qquad (5)$$

Одним из важнейших как в теории взаимодействия ветра и волнения, так и для технических задач является вопрос о высоте, до которой распространяются индуцированные колебания, т. е. вопрос о протяженности ЗВВ по высоте.

Л. Ю. Преображенский [11] оценивает эту протяженность $H^* \approx (0{,}2...0{,}3)\lambda$, где λ — длина волны. В работе [15] на основании ряда опубликованных и собственных измерений верхняя граница ЗВВ оценена как пять высот волн от подошвы или четыре высоты от вершины («правило 5*h*»). Для развитого ветрового волнения с соотношением $\lambda/h \geq 20$ эти оценки практически совпадают.

Интересно, что в летном эксперименте, описанном Дж. Тейлором [18], при облете в ветреную погоду дюн высотой 10 м, холмов высотой 100 м и плоскогорий высотой 300 м вертикальные перегрузки самолета возрастали на 30% по сравнению с безветрием, причем рост перегрузок ощущался до высот, равных четырем высотам препятствия, независимо от его типа.

Разделив все члены первого уравнения (5) на $\sigma_{wx}^2(H)$, а второго на $\sigma_{wy}^2(H)$ и обозначив

$$\sigma_{w1x}^2(H)/\sigma_{wx}^2 = K_{1x}(H);\ \sigma_{w2x}^2(H)/\sigma_{wx}^2 = K_{2x}(H);$$

$$\sigma_{w1y}^2(H)/\sigma_{wy}^2 = K_{1y}(H);\ \sigma_{w2y}^2(H)/\sigma_{wy}^2 = K_{2y}(H), \qquad (6)$$

а также введя безразмерную высоту $\hat{H} = H/h_{cp}$ (где $H = y$ — высота измерения скорости ветра; h_{cp} — средняя высота видимых волн), получим соотношения:

$$K_{1x}(\hat{H}) + K_{2x}(\hat{H}) = 1;\ K_{1y}(\hat{H}) + K_{2y}(\hat{H}) = 1. \qquad (7)$$

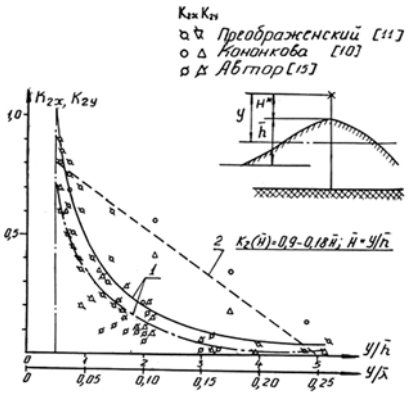


Рис. 6. **Зависимость относительных дисперсий волновых компонент скорости ветра от расстояния до поверхности:**
1 — ветровое волнение; *2* — зыбь

Функции $K_1(\hat{H})$ и $K_2(\hat{H})$ дают зависимость от высоты относительных дисперсий атмосферной и волновой компонент скорости ветра, а соотношения (7) выражают (с точностью до тепловой диссипации) постоянство их суммарной энергии в пределах ЗВВ. Суммарные дисперсии σ_{wx}^2 и σ_{wy}^2 могут быть рассчитаны по графикам работы [8], а дисперсии волновых компонент — по формулам работы [11]:

$$\sigma_{w2x}^2(H) \approx (\sigma_\zeta \omega_{cp})^2 \exp(-20y/\lambda_{cp});$$

$$\sigma_{w2y}^2(H) \approx (0{,}7\sigma_\zeta \omega_{cp})^2 \exp(-16y/\lambda_{cp}), \qquad (8)$$

где σ_ζ и ω_{cp} — соответственно стандарт и круговая частота средних видимых волн длиной λ_{cp}.

Нормируя (8) на максимально возможные их значения на поверхности, равные $(\sigma_\zeta \omega_{cp})^2 \approx \sigma_{wx}^2$ и $(0{,}7\sigma_\zeta \omega_{cp})^2 \approx \sigma_{wy}^2$, получим приближенную зависимость для расчета функций $K_{2x}(\hat{H})$ и $K_{2y}(\hat{H})$:

$$K_{2x}(\hat{H}) \approx \exp(-20y/\lambda_{cp});$$

$$K_{2y}(\hat{H}) \approx \exp(-16y/\lambda_{cp});\ y > 0{,}5\ h_{cp}\,. \qquad (9)$$

На рис. 6 показаны графики функций K_{2x} и K_{2y}, построенные по формулам (9), а также экспериментальные данные различных авторов, приведенные к виду (6). Эти данные подтверждают отмеченный многими исследователями факт, что волны зыби оказывают большее возмущающее воздействие на воздушный поток, чем ветровое волнение, и эти возмущения распространяются на большую высоту. Это обстоятельство дало автору основание предложить для технических задач линейную аппроксимацию обеих функций в виде:

$$K_{2x}(\hat{H}) \approx K_{2y}(\hat{H}) = K_2(\hat{H}) \approx 0{,}9 - 0{,}18\hat{H}\,;$$

$$0{,}5 \leq \hat{H} \leq 5\,, \qquad (10)$$

где $\hat{H} = y/h_{cp}$ — высота измерения, отнесенная к средней высоте волны.

Хотя зависимость (10) соответствует случаю зыби, она может быть рекомендована для расчетов динамики над любым волнением, поскольку совпадает с (9) на предельно малых высотах и на границе ЗВВ, а в промежутке дает некоторый запас по величине возмущающих сил. Удобство аппроксимации (10) состоит в том, что она упрощает расчет спектров ветровых возмущений и дает очень простую и физически обоснованную оценку для верхней границы зоны волнового влияния («правило 5*h*»). Подробный анализ и формулы расчета характеристик, входящих в математическую модель ВВВ, приведены в работе [15]. Крайне важен вопрос о фазовых сдвигах волнения и индуцированных колебаний скорости ветра. Они зависят от стадии развития волнения, методы их расчетного определения отсутствуют, поэтому особое значение приобретает систематизация экспериментальных данных по фазовым сдвигам. На основе этих данных [9, 12] для практических расчетов может быть предложен график на рис. 7.

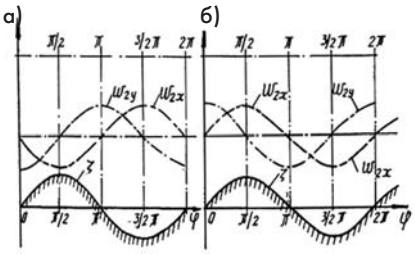


Рис. 7. **Фазовые сдвиги продольной w_{2x} и поперечной w_{2y} компонент скорости ветра относительно профиля волны ζ:**
***а* — зыбь; *б* — ветровое волнение**

Теоретическое решение задачи определения статистических характеристик линейного объекта при воздействии коррелированных случайных возмущений. Рассматривается линейная динамическая система (объект), на которую действуют *K* возмущений («входы»), каждое из которых в общем случае приводит к изменению всех *n* координат объекта («выходы», или «реакции»).

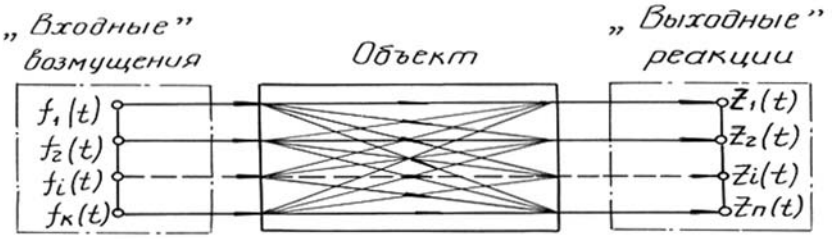


Рис. 8. **Схема действующих на объект возмущений**

Входные возмущения $F_\gamma(t)$ представляют стационарные и стационарно связанные случайные процессы, характеризуемые математическими ожиданиями F_γ, автокорреляционными функциями $R_{\gamma\gamma}(\tau)$, спектральными плотностями (СП) $S_{\gamma\gamma}(\omega)$, а также характеристиками взаимной связи входных процессов $\gamma(t)$ и $\mu(t)$: взаимными корреляционными функциями $R_{\gamma\mu}(\tau)$ и взаимными спектральными плотностями (ВСП) $S_{\gamma\mu}(\omega)$. При этом предполагается, что все K входных воздействий ($\gamma, \mu = 1, 2, \ldots k; \gamma \neq \mu$) имеют по отношению друг к другу и каждому выходному процессу $Z_i(t)$ различные сдвиги фаз. Динамические свойства объекта во временной области характеризуются весовыми (импульсными переходными) функциями $J_{F/Z}(t)$, а в частотной области — передаточными функциями $\Phi_{F/Z}(i\omega)$. Цель задачи состоит в определении статистических характеристик (СП, ВСП и т. д.) всех выходов $Z_i(t)$, характеризующих движение объекта при известных его динамических характеристиках и заданных возмущениях на входе (рис. 8).

Решение этой задачи, выполненное с помощью математического аппарата статистической динамики, слишком объемно, чтобы приводить его полностью, поэтому ограничимся окончательными зависимостями для спектральных плотностей выходных процессов:

$$S_{Z_i}(\omega) = \sum_{\gamma=1}^{k} S_{F\gamma}(\omega)[A_{F\gamma/Z_i}(\omega)]^2 +$$

$$+ \sum_{\gamma=1}^{k}\sum_{\mu=1}^{k} 2[U_{\gamma\mu}(\omega)\cos\varphi^*(\omega) -$$

$$- V_{\gamma\mu}(\omega)\sin\varphi^*(\omega)]A_{F\gamma/Z_i}(\omega)A_{F\mu/Z_i}(\omega); \quad (11)$$

$$S_{Z_iZ1}(\omega) = \sum_{\gamma=1}^{k} S_{F\gamma}(\omega)A_{F\gamma/Z_i}(\omega)A_{F\gamma/Z1}(\omega)e^{i\varphi_1^*(\omega)} +$$

$$+ \sum_{\gamma=1}^{k}\sum_{\mu=1}^{k} \{U_{\gamma\mu}(\omega)[A_{F\gamma/Z_i}(\omega)A_{F\mu/Z1}(\omega)e^{i\varphi_2^*(\omega)} +$$

$$+ A_{F\mu/Z_i}(\omega)A_{F\gamma/Z1}(\omega)e^{i\varphi_3^*(\omega)}] +$$

$$iV_{\gamma\mu}(\omega)[A_{F\gamma/Z_i}(\omega)A_{F\mu/Z1}(\omega)e^{i\varphi_2^*(\omega)} -$$

$$- A_{F\mu/Z_i}(\omega)A_{F\gamma/Zl}(\omega)e^{i\varphi_3^*(\omega)}]\}, \quad (12)$$

где $\varphi^*(\omega) = \varphi_{F\gamma/Z_i}(\omega) - \varphi_{F\mu/Z_i}(\omega)$;

$\varphi_1^*(\omega) = \varphi_{F\gamma/Z_i}(\omega) - \varphi_{F\gamma/Z1}(\omega)$;

$\varphi_2^*(\omega) = \varphi_{F\gamma/Z_i}(\omega) - \varphi_{F\mu/Z1}(\omega)$;

$\varphi_3^*(\omega) = \varphi_{F\mu/Z_i}(\omega) - \varphi_{F\gamma/Z1}(\omega)$; (13)

$U(\omega)$, $V(\omega)$ — действительная и мнимая части взаимного спектра; $A_{F/Z}(\omega)$, $\varphi_{F/Z}(\omega)$ — амплитудная и фазовая частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) от любых входов F к любым выходам Z.

На реальные объекты, как правило, накладывается одновременно не вся совокупность вышеизложенных требований, а лишь некоторые из них. Рассмотрим вытекающие из (11) и (12) наиболее важные частные случаи.

1. Одно возмущение — один процесс на выходе, т. е. $\gamma = 1$; $j = 1$; $S_{Z1}(\omega) = S_Z(\omega)$; $S_{F1}(\omega) = S_F(\omega)$; $A_{F1/Z1}(\omega) = A_{F/Z}(\omega)$. Из формулы (11) получаем:

$$S_Z(\omega) = S_F(\omega)[A_{F/Z}(\omega)]^2 = S_F(\omega)\left|\Phi_{F/Z}(\omega)\right|^2. \quad (14)$$

Формула (14) представляет собой известное соотношение Винера—Хинчина между случайными процессами на входе и выходе линейной системы.

2. K независимых возмущений — один процесс на выходе, т. е. $S_{\gamma\mu}(\omega) = 0$; $S_{Z_jZl}(\omega) = 0$; $Z_i = Z$.

Из формулы (11) получаем:

$$S_Z(\omega) = \sum_{\gamma=1}^{k} S_{F\gamma}(\omega)[A_{F\gamma/Z}(\omega)]^2, \quad (15)$$

что в точности совпадает с решением Дж. Бендата и А. Пирсола [19], полученным другим способом.

3. K коррелированных возмущений с одинаковым сдвигом любого из них к любой реакции, т. е. $\varphi_{F\gamma/Z_i}(\omega) = \varphi_{F\mu/Z_i}(\omega) = \varphi_{F\mu/Zl}(\omega) = \varphi_{F\gamma/Zl}(\omega)$. Тогда из (13) автоматически следует: $\varphi^*(\omega) = \varphi_1^*(\omega) = \varphi_2^*(\omega) = \varphi_3^*(\omega) = 0$.

После подстановки в (11) и (12) получим соотношения, которые совпадают с приведенными в работе А. А. Свешникова [20] формулами (16.50) и (16.51).

Таким образом, из формул (11 и 12) вытекает большинство известных решений задачи о воздействии случайных возмущений на линейную динамическую систему с постоянными параметрами, что дает основание считать полученное решение одним из наиболее общих. Результаты применения модели ВВВ проиллюстрируем на примере.

Бортовая качка судна с учетом аэродинамических нагрузок, индуцированных волнением. Рассматривается изолированная (только по крену) бортовая качка судна без хода, лагом к волне и ветру (рис. 9). Волнение предполагается нерегулярным, двухмерным, совпадающим по направлению с вектором среднего ветра.

Уравнение бортовой качки в правой части было дополнено возмущающим моментом от ветровой нагрузки, причем поле скоростей ветра в плоскости $\eta o \zeta(H)$ принималось в виде (1).

Расчет производился для судна водоизмещением около 700 т, длиной около 60 м, при волнении 5 баллов ($h_{3\%}$ = 3,5 м) и скорости ветра

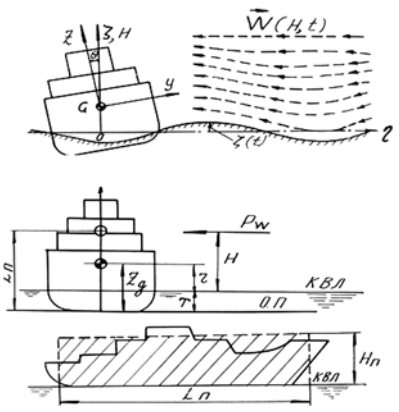


Рис. 9. **Схема приложения сил и система координат**

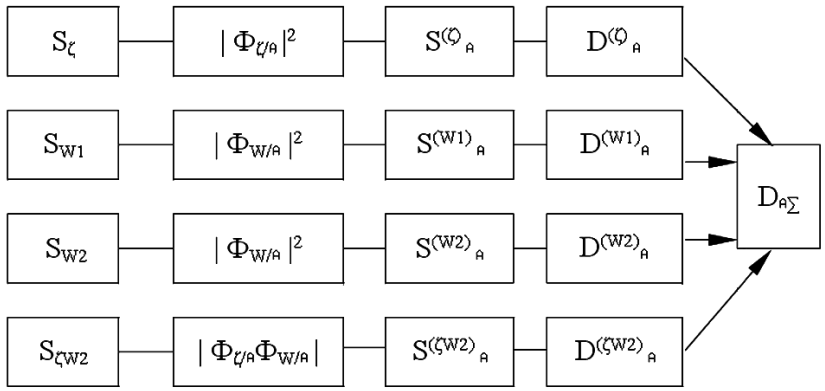


Рис. 10. **Блок-схема алгоритма расчета бортовой качки**

16 м/с. Алгоритм расчета непосредственно следует из общего решения (11) и реализуется в соответствии с блок-схемой на рис. 10. По результатам расчета построена диаграмма, показывающая вклад каждого возмущающего воздействия в суммарную дисперсию бортовой качки (рис. 11).

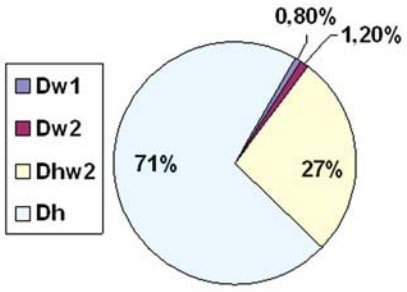


Рис. 11. **Вклад различных возмущений в дисперсию бортовой качки**

В рассмотренном примере учет индуцированных волнением флуктуаций скорости ветра увеличил дисперсию бортовой качки почти на 30%, причем наибольший вклад (27%) получен за счет составляющей $D_\theta^{(\zeta W2)} = D_{hw2}$, т. е. за счет коррелированности ветра и волнения. Механизм этого воздействия состоит в том, что:

- максимум спектра индуцированных компонент скорости ветра W_2 совпадает по частоте с максимумом спектра волнения (см. рис. 3, 5);
- фаза индуцированных компонент ветра близка к фазе наиболее энергонесущих компонент волнового спектра (см. рис. 7);
- максимум АЧХ бортовой качки близок к максимумам и спектра волнения, и спектра индуцированных флуктуаций ветра (последнее возможно лишь в случае близости частот собственных колебаний судна и волнения; здесь они соответственно равны 0,75 $с^{-1}$ и 0,81 $с^{-1}$). Поэтому в данном примере можно говорить о тройном резонансе «волнение—ветер—судно».

Как отметил С. Н. Благовещенский при обсуждении доклада автора на конференции по теории корабля в 1973 г. [16], вывод о реальности «тройного резонанса» является нетривиальным и важным результатом данной задачи. При решении задачи о воздействии ветровой нагрузки на судно [3] он допускал наличие в спектре скоростей ветра составляющих, способных привести к резонансу с вынужденной бортовой качкой, но считал «вероятность длительного тройного резонанса судна, волны и порывов ветра... совершенно ничтожной», поскольку имелись данные по порывистости ветра лишь на сравнительно большом удалении от волнения. Очевидно, что само появление «тройного резонанса» и величина вызываемого им эффекта зависят от характеристики остойчивости, площади парусности, положения центра плавучести по высоте и, конечно, от интенсивности влияния волнения на ветровой поток и их фазовых соотношений. Поскольку явление «тройного резонанса» увеличивает максимальные амплитуды качки, его необходимо учитывать в расчетах динамики судов и других морских объектов.

Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2007.
2. *Федяевский К. К., Фирсов Г. А.* Крен судна под действием ветра//Судостроение. 1957. № 12.
3. *Благовещенский С. Н.* О действии на судно ветровой нагрузки//Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости. Л.: Транспорт, 1965.
4. *Бородай И. К., Нецветаев Ю. А.* Качка судов на морском волнении. Л.: Судостроение, 1969.
5. *Китайгородский С. А.* Физика взаимодействия атмосферы и океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1970.
6. *Лайхтман Д. Л.* Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1961.
7. *Монин А. С., Яглом А. М.* Статистическая гидромеханика. Часть 2. Механика турбулентности. М.: Наука, 1967.
8. *Волков Ю. А.* Спектры пульсаций скорости и температуры воздушного потока над взволнованной поверхностью моря//Изв. АН СССР. ФАИ. 1969. Т. V. № 12.
9. *Ефимов В. В., Посошкова В. Л.* Динамика волновых возмущений приводного слоя атмосферы над волнами зыби//Изв. АН СССР. ФАИ. 1970. Т. IV. № 6.
10. *Кононкова Г. Е., Никитина Е. А., Поборчая Л. В., Сперанская А. А.* Структура воздушного потока вблизи взволнованной поверхности воды//Изв. АН СССР. ФАИ. 1971. Т. VII. № 1.
11. *Преображенский Л. Ю.* Зависимость характеристик турбулентности в приводном слое от высоты//Метеорология и гидрология. 1971. № 10.
12. *Бортковский Р. С., Бютнер Э. К., Малевский-Малевич С. П., Преображенский Л. Ю.* Процессы переноса вблизи поверхности раздела океан—атмосфера. Л.: Гидрометеоиздат,1974.
13. *Абрамовский В. А., Дреер Г. М., Преображенский Л. Ю., Шкуров В. А.* О применении термоанемометров в экспериментальных исследованиях на открытом водоеме//Сб. НТО судпрома. Экспериментальная гидромеханика судна. Вып. 226. Л.: Судостроение, 1975.
14. *Абрамовский В. А., Дреер Г. М., Преображенский Л. Ю.* Исследование спектральных характеристик скорости ветра и волнения на открытом водоеме ограниченных размеров//Сб. НТО судпрома. Экспериментальная гидромеханика судна. Вып. 226. Л.: Судостроение, 1975.
15. *Абрамовский В. А.* Физическое обоснование и математическое описание модели ветроволновых возмущений в приводном слое над морским волнением//Сб. НТО Судпрома. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания. Вып. 186. Л.: Судостроение, 1972.
16. *Абрамовский В. А.* Некоторые вопросы определения кинематических параметров судов при воздействии на них комплекса коррелированных случайных возмущений//Тез. докл. на XXII Всесоюзной научно-техн. конф. по теории корабля. Вып. 3. Л.: Судостроение, 1973.
17. *Доброленский Ю. П.* Динамика полета в неспокойной атмосфере. М.: Машиностроение, 1969.
18. *Тейлор Дж.* Нагрузки, действующие на самолет. М.: Машиностроение, 1971.
19. *Бендат Дж., Пирсол А.* Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1974.
20. *Свешников А. А.* Прикладные методы теории случайных функций. Л.: Судпромгиз, 1961.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СУДНА КАК СЛОЖНОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Т. Г. Артюшина, канд. техн. наук, тел. (495) 2370530
(ГОУ ВПО «Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова»)

УДК 519.673.629.5

Пути повышения эффективности математического моделирования в процессе проектирования судна рассматривались в работе [1]. Повышение степени детализации модели позволяет повысить точность и практическую ценность результатов моделирования.

Один из возможных путей решения указанной проблемы — декомпозиция математической модели проектируемого судна с последующей многоуровневой оптимизацией. В результате сложная система разделяется на группу более мелких подсистем с такой взаимосвязью, чтобы глобальная задача оптимизации преобразовалась в группу локальных задач оптимизации. Наиболее сложным этапом моделирования является описание самой модели судна.

Традиционный путь решения данной проблемы, исторически связанный с недостатком вычислительных мощностей компьютеров на ранних этапах развития автоматизированных систем проектирования, предполагает последовательную оптимизацию. В зависимости от экспертной оценки проектанта подсистемы ранжируются (принцип доминирования [2]). Первой оптимизируется самая важная подсистема, далее проводится оптимизация следующей по важности подсистемы. При этом результат первого расчета выступает в роли ограничения для следующей оптимизируемой подсистемы, а проблема согласования решается за счет того, что оптимизируемые на предыдущем шаге переменные становятся ограничениями. Другой путь не требует согласования и прямо противоположен первому варианту — вычисление абсолютно всех возможных решений без определения оптимального варианта для каждой подсистемы с нахождением оптимального решения после того, как будет рассчитан весь корабль. Однако даже при сегодняшнем развитии компьютерной техники, параллельных распределенных вычислений и соблюдении закона Мура (удвоение вычислительной мощности компьютеров каждые полтора года) данный путь представляется тупиковым, так как математические модели имеют свойство постоянно усложняться за счет вновь появляющихся требований разработчиков и проектантов, и удовлетворить их никакой рост мощности компьютеров не сможет.

Третий путь решения подобных систем появился при создании нового математического аппарата, позволяющего формально описывать нечеткие понятия, которыми оперирует человек, описывая свои желания, цели и представления о системе. Таким аппаратом является теория нечетких множеств, созданная Л. Заде, первая фундаментальная работа которого была опубликована еще в 1965 г. [3].

Судно, как и другие технические системы, создается с определенной целью. Идея целенаправленности системы и ее объектов хорошо согласуется с многоцелевой задачей оптимизации. Морфологическое описание системы, обеспечивающее распределение целей между ее объектами, позволяет привести структуру системы в соответствие с постановкой многокритериальной задачи оптимизации. Каждому объекту системы может быть поставлена только одна цель, и для него решается однокритериальная задача оптимизации. Так как судно представляет собой иерархическую целенаправленную систему, каждый элемент ее разбиения преследует вполне определенную цель, в общем случае не совпадающую с целью вышестоящего элемента и с целью судна в целом. В этом случае для решения многокритериальной задачи оптимизации требуется

Таблица 1

Характеристики многоуровневой математической модели проектируемого судна

Наименование подсистемы	Оптимизируемые переменные	Функциональные ограничения	Критерий эффективности
Судно в целом	Главные размерения и коэффициент общей полноты	Грузоподъемность, вместимость, остойчивость, качка	Приведенные затраты
Корпус	Приведенные толщины палубы и днища	Момент сопротивления эквивалентного бруса	Масса корпуса
Гидродинамический комплекс	Дисковое отношение винта, диаметр винта, частота вращения винта	Дисковое отношение винта, диаметр винта, частота вращения винта	Потребная мощность энергетической установки
Энергетическая установка	Мощность главного двигателя, суммарная мощность ЭУ, частота вращения вала отбора мощности	Каталог главных двигателей, потребная мощность энергетической установки	Приведенные затраты
Электроэнергетическая система	Число генераторов, работающих в ходовом режиме; число генераторов, работающих на стоянке	Потребная мощность электростанции на ходовом режиме и на стоянке, каталог генераторов	Масса электроэнергетической системы
Рулевое устройство	Высота пера руля, ширина пера руля	Осадка судна, геометрические соотношения формы пера, эффективность рулевого устройства по правилам	Стоимость рулевого устройства
Грузовое устройство	Число кранов, грузоподъемность крана	Минимальная и предельная грузоподъемность, число кранов, работающих на один люк	Длительность грузовых работ
Прочие	—	В ограничениях для судна в целом	—
Перевозимый груз	—	В ограничениях для судна в целом	—

решить проблему согласований и сочетаний частных решений.

Поясним, как математический аппарат «нечетких множеств» можно применить для многоуровневой системы «Корабль». Все множество решений характеризуется как «хорошие», «приемлемые», «плохие». Количество таких кластеров может быть любым.

Рассмотрим подсистему «Корпус». Целью оптимизации является получение минимального расхода материалов. Варьируемые переменные — приведенные толщины днища и палубы, ограничения — соответствуют правилам Российского морского регистра судоходства.

Функция принадлежности $\mu_{корпуса}(X_1, X_2) \in [0,1]$ ставит в соответствие каждой паре приведенных толщин днища и палубы число из интервала [0,1], характеризующее степень его принадлежности к подмножеству *D* эффективных и допустимых решений $\varphi(x_1, x_2)$. Математическое описание зависимости без расширения количества критериев (только приведенные толщины днища X_1 и палубы X_2) может выглядеть так: «хорошие» решения [$\mu_{корпуса}(X_1, X_2) = 1$] при отклонении от минимального значения функции оптимизации ($\varphi(x_1, x_2) = \varphi_{min}$), минимальный расход материалов, — не более 5%; «приемлемые» решения при разнице значения функции оптимизации от минимальной — не более 15%; «плохие» решения — соответственно более 15%.

$$\mu_{корпуса}(x_1,x_2) = \begin{cases} \dfrac{\varphi_{min}}{\varphi(x_1,x_2)}, \text{ если } \dfrac{\varphi_{min}}{\varphi(x_1,x_2)} \geq 0{,}95 - \text{«хорошие»}, \\ \dfrac{\varphi_{min}}{\varphi(x_1,x_2)}, \text{если } 0{,}85 \leq \dfrac{\varphi_{min}}{\varphi(x_1,x_2)} \leq 0{,}95 - \text{«приемлемые»}, \\ 0, \text{ если } \dfrac{\varphi_{min}}{\varphi(x_1,x_2)} < 0{,}85 - \text{«плохие»}. \end{cases}$$

Аналогичным образом рассмотрим и опишем подсистемы «Энергетические установки» (минимизируются приведенные затраты, переменные для оптимизации — приведенные толщины днища и палубы, мощность одного дизеля, число двигателей в ус-

Таблица 2

Результаты оптимизации судна и его подсистем

Параметр	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент общей полноты	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Длина судна, м	117	117	117	117	117	117	117
Ширина судна, м	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
Осадка, м	7	7	7	7	7	7	7
Высота борта судна, м	8	8	8	8	8	8	8
Высота руля, м	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Ширина руля, м	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
F. **Рулевое устройство**	1	1	1	1	1	1	1
Дисковое отношение винта	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Диаметр винта, м	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Частота вращения винта, об/мин	90	90	90	90	90	90	90
F. **Гидродинамический комплекс**	1	1	1	1	1	1	1
Приведенная толщина днища, м	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Приведенная толщина палубы, м	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
F. **Корпус**	1	1	1	1	1	1	1
Мощность одного двигателя, кВт	3330	3330	3330	3330	3330	3330	3330
Число двигателей в установке	1	1	1	1	1	1	1
Частота вращения выходного вала редуктора, об/мин	90	90	90	90	90	90	90
F. **Энергетическая установка**	1	1	1	1	1	1	1
Число кранов	9	10	10	8	9	9	9
Грузоподъемность кранов, т	40	20	20	40	20	20	20
F. **Грузовое устройство**	1	0,97	0,97	0,88	0,88	0,88	0,88
Мощность генераторов, кВт	1000	1000	760	1000	1000	500	760
Количество генераторов на ходу	1	1	2	1	1	2	2
Количество генераторов на стоянке	2	2	2	2	2	3	2
F. **Электроэнергетическая система**	1	1	1	1	1	1	1
Прочее, т	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1	378,1
Прочее, м^3	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Перевозимый груз, т	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Перевозимый груз, м^3	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500
Полезная грузоподъемность, т	6508	6700	6695	6576	6742	6738	6737
Полезная вместимость, м^3	6919	6919	6887	6919	6919	6874	6887
Относительная метацентрическая высота, м	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Качка, с	8,63	8,49	8,49	8,58	8,46	8,46	8,46
Стоимость корабля, у. е.	7 619 995	6 236 707	6 255 787	6 741 901	5 724 048	5 738 088	5 743 127

F — критерий согласия.

тановке, частота вращения выходного вала редуктора) и «Грузовые устройства» (минимизируется время погрузки/разгрузки судна, переменные для оптимизации — число и грузоподъемность кранов). Для простоты используем те же самые кластеры нечетких множеств: «хорошее» решение — когда оно оптимально, «приемлемое» — когда решение отличается от оптимального не более чем на 5%, «плохие» — все остальные. Таким образом, функция принадлежности может выступать как критерий согласованности подсистем при их совместной оптимизации. Возможность согласования отдельных оптимальных решений по подсистемам на основе аппарата нечетких множеств показана в табл. 1.

Рассмотрим результаты моделирования на реальном примере (моделировались все подсистемы).

Исходные данные для оптимизации судна по многоуровневой модели

Заданная полезная грузоподъемность, т	5000
Удельная погрузочная кубатура, $м^3/т$	1,3
Скорость хода, уз	11
Дальность плавания, миль	3500
Автономность, сут	20
Численность экипажа	25
Стоимость 1 т металлического корпуса, у. е.	300
Стоимость 1 т оборудования корпуса, у. е.	600
Коэффициент развитости надстройки	0,15
Длина линии эксплуатации, миль	1000
Число винтов	1
Минимально допустимое значение относительной поперечной метацентрической высоты, м	0,02
Минимально допустимый период собственных колебаний судна в секунду	12

Результаты расчета, отобранные по критерию «все функции оптимизации должны иметь статусы "хорошо" или "приемлемо" одновременно», приведены в табл. 2. Для поставленной задачи существует как минимум три согласованных решения, оптимизированных одновременно по всем функциям с критерием «хорошо» и четыре решения, оптимизированных по всем функциям с критериями «хорошо» и «приемлемо». Колонки соответствуют семи рассчитанным согласованным вариантам. Статус «хорошо» соответствует значению F = 0,95...1, статус «приемлемо» — значению F = 0,85...0,95.

Как видно из табл. 2, для трех вариантов все функции оптимизации подсистем имеют статус «хорошо» на одном наборе исходных переменных, целевые функции которых отличаются от оптимально возможных менее чем на 5% (этот порог был задан нами в качестве критерия «хорошо»), а для четырех вариантов «приемлемых» решений целевые функции отличаются от оптимально возможных менее чем на 15% («приемлемые» решения только по одной подсистеме «Грузовое устройство», по всем остальным целевым функциям решения относятся к кластеру «хорошо»).

Самое интересное в полученных результатах то, что оптимизируемая на высшем уровне по критерию стоимости система «Корабль» в случае всех оптимальных подсистем (вариант 1) — наихудшая среди представленных вариантов. Это легко объяснимо, так как «Грузовые устройства» оптимизировались по времени погрузки/разгрузки, и экономия при эксплуатации более мощного оборудования не компенсировала его повышенной первоначальной стоимости при заданных условиях.

Возвращаясь к двум методам решения оптимизационных задач сложных систем — к методу последовательной оптимизации и методу независимой оптимизации с последующим согласованием — и предположив, что при решении обоими методами нам удалось найти самый лучший с точки зрения частичной оптимизации подсистем вариант «1», мы не решили задачу оптимизации в целом (получение минимальной совокупной стоимости проектируемого корабля). Наиболее интересными с точки зрения оптимизации стоимости судна в целом являются варианты 5, 6 и 7, имеющие оценку «приемлемо».

Использование математического аппарата нечеткой логики позволяет решить проблему оптимизации сложной иерархической системы. В данной статье показано, что можно не только эффективно решать проблему согласования оптимальных решений частных задач оптимизации подсистем, которые могут рассчитываться параллельно друг другу, но и одновременно с этим эффективно решать задачу оптимизации системы верхнего уровня.

Литература

1. *Артюшина Т. Г., Гайкович А. И.* Проблема повышения эффективности проектирования судов на исследовательских стадиях с использованием САПР//Судостроение. 2007. № 5.
2. *Царев Б. А.* Особенности проектной оптимизации судов с доминирующими функциональными подсистемами//Проектирование морских судов и плавучих технических средств. ЛКИ, 1987.
3. *Zadeh L. A.* Fuzzy Sets//Information and Control. 1965. Vol. 8.

110 ЛЕТ КОРФАКУ

В СПбГМТУ отметили 110-летие факультета кораблестроения и океанотехники. Свое летоисчисление факультет ведет с 1899 г., когда по указу императора Николая II был создан Отдел судостроения, затем переименованный в Кораблестроительное отделение, а позже — в Кораблестроительный факультет (Корфак) Санкт-Петербургского политехнического института.

«... Чтоб ум и знания молодых на пользу создания флота российского обратить...» — так министр финансов граф де Витте обосновывал императору необходимость такого факультета.

В 1930 г. на базе Корфака был образован Ленинградский кораблестроительный институт (ЛКИ). В 1987 г. Корфак получил нынешнее наименование — факультет кораблестроения и океанотехники. В 1990 г. ЛКИ преобразовали в Ленинградский ордена Ленина государственный морской технический университет, который в 1992 г. переименовали в Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ).

В ходе студенческого фестиваля «Корфак-110» прошла научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы развития отечественного судостроения». Состоялось торжественное вручение памятных именных медалей «Выдающийся выпускник Корфака».

ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ «РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ В РОССИИ»

9—10 апреля 2009 г. в Санкт-Петербурге была проведена Всероссийская научно-техническая конференция «Развитие двигателестроения в России». Инициаторами и организаторами конференции выступили Санкт-Петербургский Военный инженерно-технический университет и межотраслевой научно-технический и производственный журнал «Двигателестроение».

В докладах и выступлениях участников конференции в очередной раз прозвучала крайняя озабоченность постепенно ускоряющимся разрушением отрасли отечественного двигателестроения, производящей двигатели судового, тепловозного, промышленного и специального назначения. Было аргументированно показано, что само наличие этой отрасли в национальной экономике страны имеет стратегическое значение для государства, поскольку технический уровень двигателей этого класса определяет качество, надежность и технико-экономические показатели конечных объектов применения, технический уровень развития таких стратегически важных отраслей, как магистральный (водный, и железнодорожный) транспорт, промышленный транспорт, безопасность объектов ядерной энергетики, непрерывное и резервное энергоснабжение объектов военной техники и военной инфраструктуры, т. е., в конечном итоге, определяет экономическую безопасность и обороноспособность страны.

По этой причине двигателестроение традиционно было и остается стратегической отраслью национальной экономики России, и такое же исключительно важное положение двигателестроение занимает в экономике всех развитых стран, производящих двигатели собственной конструкции.

Всесторонний анализ современного состояния отрасли отечественного двигателестроения, проведенный участниками конференции при обсуждении научных докладов и сообщений, посвященных исключительно этой проблеме, показал, что российское двигателестроение уже много лет находится в состоянии глубокого системного кризиса и экономический кризис, разразившийся в конце 2008 г., только до предела обострил и осложнил ситуацию.

По мнению большинства специалистов, знающих действительное положение дел в отрасли, состояние двигателестроения в России характеризуется как предельно неблагополучное вследствие долговременного развития следующих негативных явлений и факторов:

✓ потеря ведущих предприятий отраслевой науки в результате их банкротства, перепрофилирования после приватизации или целенаправленной ликвидации и, как следствие, отсутствие прикладных научных исследований в области развития конструкций двигателей, разработки комплектующих узлов и агрегатов, новых материалов и технологий их обработки;

✓ значительное снижение уровня, а в ряде случаев потеря вузовской прикладной науки вследствие старения или ликвидации лабораторно-исследовательской базы, которую невозможно заменить компьютеризацией;

✓ потеря престижа и социального статуса научных работников, технологов и конструкторов из-за неадекватно низкой в сравнении с их квалификацией и отдачей оплаты труда;

✓ ликвидация как нерентабельных опытно-конструкторских подразделений и производств на двигателестроительных заводах вследствие непонимания или нежелания понимать их собственниками самой сути процессов создания и постановки на производство новой сложной техники;

✓ крайняя изношенность основных производственных фондов, достигающая на большинстве заводов 75—85%, и практически полное отсутствие инноваций вследствие нежелания собственников терять даже часть невысокой прибыли дизелестроительных производств;

✓ практически невосполняемая потеря вследствие старения и ухода на пенсию квалифицированных кадров из числа среднего технического персонала и рабочих профессий из-за низкой оплаты труда в машиностроении и двигателестроении;

✓ слабое развитие отечественных специализированных производств, низкий технический уровень комплектующих агрегатов и компонентов двигателей, неразвитая кооперация;

✓ разобщенность мелких разрозненных собственников дизелестроительных предприятий и несовпадение их интересов и целей с интересами и целями государства в развитии стратегических отраслей экономики, таких как магистральный транспорт (флот, железные дороги), военно-морской флот, разнообразные объекты военной техники;

✓ отсутствие государственной программы развития двигателестроения, государственного регулирования заказов и рынков сбыта продукции предприятий двигателестроения при выполнении государственных и оборонных заказов;

✓ неуклонно снижающийся уровень подготовки квалифицированных кадров для машиностроения и двигателестроения из-за проблем в системах высшего, среднего, а также профессионально-технического образования.

Одной из основных причин развития перечисленных негативных явлений, характерных для всей тяжелой промышленности и двигателестроения как его составной части, специалисты считают полное устранение государства от решения вопросов развития этих стратегических отраслей и регулирования объемов производства и рынков сбыта этой продукции в целях укрепления национальной экономики. Это в полной мере проявилось после завершения приватизации отраслевых научных учреждений и дизелестроительных заводов, в результате которой единая отрасль превратилась в отдельные частные предприятия с отдельными частными интересами мелких собственников. Тот факт, что развитие двигателестроения не представлено ни в одной действующей государственной целевой программе, наглядно подтверждает не только отсутствие государственной политики и программы его развития, но и программы поддержки отрасли в период кризиса.

В результате Россия стремительно уходит из десятка развитых стран, производящих двигатели собственной конструкции. При этом не лишним будет напомнить, что для создания и постановки на производство современного двигателя необходимо несколько лет (от 3 до 5), а затраты на организацию необходимых научных исследований, опытно-конструкторских работ и подготовку производства исчисляются суммами порядка 100—150 млн дол. и более.

Экономисты-рыночники, позиции и идеология которых по-прежнему доминируют в руководстве современной России, продолжают считать, что рынок все отрегулирует сам, однако сегодняшнее положение дел в тяжелой промышленности наглядно демонстрирует жалкие результаты подобного управления и ошибочность этой идеологии, самая поверхностная цель которой — минимальные затраты и максимальная прибыль. Существующее положение дел в двигателестроении есть закономерный результат развития ситуации, в которой управленцы и финансисты не утруждают себя осознанием особенностей объектов управления и сложности составляющих их процессов, а ситуация в целом пущена на самотек.

В то же время наглядным и весьма поучительным примером поддержания научных исследований в области развития двигателестроения за рубежом может послужить только что завершенный совместный научно-исследовательский международный проект Евросоюза и правительства Швеции под названием «Gercules» (High Efficiency R&D of Combustion with Ultra Low Emission for Ships), направленный на создание современных судовых высокоэкономичных и экологически безопасных двигателей для коммерческого флота Европы. В этом проекте с бюджетом более 33 млн евро участвовало более 50 научных организаций из 10 стран, а основными исполнителями выступили две транснациональные дизелестроительные корпорации (прямые конкуренты) M.A.N. Diesel (Германия и Дания) и Wärtsilä (Финляндия и Швеция). Приведенный пример демонстрирует понимание важности развития двигателестроения для экономики объединенной Европы и осознание, несмотря на конкуренцию, необходимости несения подобных расходов.

Совершенно очевидно, что подобные затраты на создание новых двигателей или хотя бы на поддержание достигнутого уровня производства для сегодняшних мелких и средних разрозненных собственников российских дизелестроительных заводов — непосильное бремя. Именно поэтому отрасль двигателестроения в России совершенно закономерно и быстро исчезает.

К настоящему моменту российское двигателестроение уже потеряло ряд крупнейших заводов судового дизелестроения и отраслевых институтов. Заводы «Русский дизель» в Санкт-Петербурге, «Дальдизель» в Хабаровске ликвидированы по завершении процедуры банкротства, закрыто дизельное производство на заводе «Рыбинские моторы», руководство завода «Звезда» сообщает о намерениях закрытия дизельного производства и перепрофилировании производственных мощностей. Этот список в ближайшее время, по-видимому, можно будет продолжить, поскольку оставшиеся заводы, потеряв заказы и объемы выпуска продукции в несколько раз, с начала 2009 г. работают в режиме неполной занятости (2—3 дня в неделю) и уже готовятся к частичной или полной консервации производственных мощностей.

Ничуть не лучше положение дел в отраслевой и вузовской науке. Центральный научно-исследовательский дизельный институт (ЦНИДИ) в Санкт-Петербурге, бывший еще недавно одним из центров отраслевой науки, ликвидирован по завершении процедуры банкротства, Центральный научно-исследовательский институт топливной аппаратуры (ЦНИТА) перепрофилирован после приватизации. Профильные кафедры вузов, в большинстве своем, растеряв экспериментально-лабораторную базу, выпускают из года в год «клавишников», так и не освоивших толком за время обучения ничего, кроме клавиатуры компьютера. Для специалистов, да и просто здравомыслящих людей, совершенно очевидно, что, потеряв отраслевую и вузовскую науку, промышленность теряет саму возможность получения новых знаний, новых технологий, новых материалов и, в конечном итоге, так необходимых стране новых двигателей.

Научно-технические работники, занятые в отрасли двигателестроения России, крайне обеспокоены тем, что без всякой реакции со стороны Правительства РФ и основных федеральных министерств-заказчиков (Минторгпром, Минтранс и Минобороны) отрасль теряет заводы, теряет типаж двигателей, необходимых для магистрального транспорта, ВМФ, объектов военной техники и инфраструктуры, и все это происходит на фоне обсуждения масштабных планов реформирования промышленности и вооруженных сил.

Приведенный здесь, как мы полагаем, объективный анализ состояния машиностроения и двигателестроения, как его составной части, ставит, оставляя пока без ответа, простые и понятные всем вопросы. Какую все-таки модель национальной экономики выстраивает Правительство России? Нужны ли нам двигателестроение, транспортное машиностроение, тяжелая промышленность, надежная и эффективная оборона? С учетом ускорения развития ситуации, ответы на эти вопросы будут получены в самое ближайшее время.

РЕШЕНИЕ

Всероссийской научно-технической конференции «Развитие двигателестроения в России»

Рассмотрев и проанализировав причины неблагополучного состояния отрасли отечественного двигателестроения, создающей и производящей двигатели судового, тепловозного и промышленного применения для магистрального (водного и железнодорожного) транспорта, кораблей ВМФ и других объектов военной техники;

осознавая, что наличие производства традиционных и альтернативных двигателей отечественной конструкции в современной экономике России имеет и будет сохранять стратегическое значение для обеспечения экономической безопасности и обороноспособности страны;

выражая крайнюю озабоченность специалистов и научно-технических работников, занятых в отрасли, ее ускоряющимся в период кризиса разрушением, потерей части отраслевых научных институтов и заводов, частичной остановкой и планируемым перепрофилированием действующих производственных мощностей;

отмечая, что одной из основных причин разрушения отрасли двигателестроения является полное устранение государства от решения вопросов ее развития и регулирования рынков сбыта продукции отрасли в целях укрепления национальной экономики и обороноспособности страны;

понимая невозможность эффективной реализации широкомасштабных планов руководства России в области модернизации национальной промышленности и вооруженных сил РФ без сохранения производства современных двигателей отечественной конструкции;

принимая во внимание необходимость возрождения прикладной науки, восстановления социального статуса научно-технических работников, конструкторов и квалифицированных специалистов, обеспечивающих развитие двигателестроения, повышения качества образования всех уровней и решения проблем подготовки кадров,

конференция решила:

1. Поручить оргкомитету Всероссийской конференции «Развитие двигателестроения в России» направить Председателю Правительства Российской Федерации В. В. Путину, руководителям основных федеральных министерств потребителей продукции двигателестроения (Минпромторг, Минтранс, Минобороны и Минэкономразвития) предложения участников конференции по принятию нижеперечисленных первоочередных мер для сохранения и развития отрасли отечественного двигателестроения.

✓ Создать Федеральный межотраслевой научный центр развития двигателестроения, выполняющий функции по разработке стратегии и государственных программ развития традиционных и альтернативных двигателей, формирования научно-технической политики в областях развития новых материалов и технологий, горения топлива и преобразования энергии, очистки газов, утилизации двигателей и их отходов, стандартизации, унификации и сертификации двигателей и их компонентов, координации деятельности отраслевых научных центров всех форм собственности и вузовской науки.

✓ Создать Федеральный межвузовский научный центр развития двигателей и автономных и альтернативных источников энергии, формирующий развитие научного творчества студентов и аспирантов, возрождение научных школ и формирование высококвалифицированных научных кадров.

✓ По поручению Правительства РФ Федеральному межотраслевому научному центру при участии федеральных министерств, государственных и частных корпораций — потребителей продукции двигателестроения — разработать и реализовать федеральную целевую программу «Развитие отечественных двигателей и их компонентов», дополнить действующие федеральные целевые программы «Национальная технологическая база», «Развитие гражданской морской техники», «Развитие магистрального транспорта» и другие разделами, предусматривающими развитие двигателей и автономной энергетики.

✓ Специальным постановлением Правительства РФ признать стратегическое значение отрасли двигателестроения для развития экономики страны, на период преодоления кризиса обеспечить приоритет отечественным производителям двигателей при формирований портфеля заказов государственными корпорациями и акционерными обществами с государственным контрольным пакетом акций (ОАО ОПК ОБОРОНПРОМ, ОАО «Объединенная судостроительная корпорация», РАО «Газпром», РАО РЖД) при постройке и модернизации объектов военной инфраструктуры и ВМФ, атомной энергетики, техники для добычи, перевозки и перекачки нефти и газа.

✓ Законодательно (или постановлением Правительства РФ) установить правила формирования цены на дизелестроительную продукцию при закупке ее государственными корпорациями и акционерными обществами с государственным контрольным пакетом акций, обеспечивающие не менее 20% прибыли производителю, запретив при этом участие посредников, как, например, при формировании гособоронзаказа. Обязать эту категорию потребителей участвовать в инвестировании средств на создание образцов новой и перспективной стационарной и транспортной техники с отечественными двигателями.

✓ Постановлением Правительства РФ принять решение о снижении банковских процентных ставок по кредитам для предприятий двигателестроения до 5%, таможенных платежей за экспорт продукции двигателестроения, импорт комплектующих компонентов и технологического оборудования, не производимых в России.

✓ Федеральным министерствам — потребителям продукции двигателестроения (Минпромторг, Минтранс, Минобороны и Минобразования и науки) в ежегодно проводимых открытых конкурсах на создание перспективных образцов новой техники, ее компонентов, материалов и технологий обеспечить финансирование этих работ и формирование грантов из средств государственного бюджета без участия посредников. Обязать победителей конкурсов и обладателей грантов, финансируемых за счет средств госбюджета, публиковать результаты выполненных научных исследований и разработок в специальных научных печатных изданиях и журналах, распространяемых через федеральные подписные агентства (Роспечать, Пресса России), имеющих Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и зарегистрированных в Национальной научной электронной библиотеке (НЭБ).

✓ Повысить социальный статус и престиж ученых, преподавателей вузов, научно-технических работников и специалистов инженерных профессий за счет достойной оплаты их труда. При реализации государственной информационной политики использовать средства массовой информации и специальные периодические научно-технические издания для восстановления престижа этой категории работников. Всемерно использовать систему государственных поощрений и наград, а также все доступные средства морального поощрения за выдающиеся и передовые достижения в области развития, внедрения и

пропаганды достижений отечественной науки и техники.

✓ Признать неудовлетворительными результаты эксперимента в технических вузах с переходом на двухуровневую систему подготовки специалистов (бакалавр, магистр) и отложить его планируемое внедрение. Изменить государственный стандарт высшего образования в части подготовки инженеров по специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания» (ДВС). Программу подготовки инженеров по специальности ДВС разработать с участием ведущих специалистов отрасли двигателестроения, сократить загруженность учебных программ второстепенными общественными дисциплинами, обеспечив более глубокое изучение инженерных и специальных предметов. Отменить существующие нормы ставок и соотношений количества студентов и преподавателей для достижения главной цели — повышения качества специальных знаний современного выпускника вуза.

2. Научно-техническому и производственному журналу «Двигателестроение» опубликовать итоги конференции, ее решение и предложения участников. Информировать о неблагополучном состоянии и угрозе исчезновения отрасли отечественного двигателестроения, имеющей стратегическое значение для развития экономики и укрепления обороноспособности страны, политические партии и общественные объединения, научные организации и специализированные периодические издания для организации широкого и открытого обсуждения всех возможных способов ее сохранения и обеспечения дальнейшего развития.

«Двигателестроение». 2009. № 2 (апрель—июнь). С. 3—11

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ СИСТЕМ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА

В. Н. Тимофеев, канд. техн. наук, **Ю. Н. Степанов,** канд. техн. наук (Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, e-mail: office@chyvsu.ru)

УДК 629.5:621.4[-97

Повышенные требования, предъявляемые к судовым дизелям, обусловливают необходимость оптимизации теплового состояния дизеля на всех режимах его работы. Для обеспечения оптимального температурного режима дизеля требуется совершенствование процессов управления, в том числе с использованием микропроцессоров.

Известно, что управление системой наддувочного воздуха дизеля — наиболее эффективный способ повышения его технико-экономических показателей без существенного изменения габаритов и массы при сохранении уровня инерционных нагрузок. Увеличивая массовый заряд цилиндра воздухом, можно пропорционально увеличивать количество топлива, которое удается сжечь в цилиндре. Повышение плотности рабочего заряда в цилиндре осуществляется путем предварительного сжатия воздуха в специальном нагнетателе (компрессоре). При этом рост температуры воздуха в компрессоре находится в прямой зависимости от повышения давления. С ростом температуры наддувочного воздуха значительно увеличивается термическая напряженность деталей дизеля. Кроме того, при повышении температуры уменьшается удельная масса воздуха, тем самым снижается эффективность процесса сжатия.

При охлаждении наддувочного воздуха увеличивается количество воздуха, поступающего в цилиндры, повышается мощность дизеля, снижается температура рабочего цикла, уменьшаются тепловые нагрузки, а это, в свою очередь, влияет не только на параметры рабочего процесса дизеля, но и на работу турбокомпрессора.

Особенностью судовых дизелей является их продолжительная работа на частичных нагрузках. При понижении нагрузки эффективность охлаждения наддувочного воздуха уменьшается. На режимах же холостого хода и частичных нагрузок охлаждение наддувочного воздуха оказывает отрицательное влияние на показатели работы дизеля. И здесь уместен подогрев наддувочного воздуха. Таким образом, используя охлаждение и подогрев наддувочного воздуха, в нужное время можно добиться квазиоптимальной температуры заряда перед его подачей в цилиндры. При этом повысятся технико-экономические показатели судового дизеля. Но автоматических средств управления для этого недостаточно — понадобятся современные средства микроэлектроники.

Рассмотрим различные варианты систем регулирования температуры наддувочного воздуха. Одна из таких систем (рис. 1) включает в себя распределитель воздуха *12*, исполнительный электрический механизм (ИЭМ) *13*, электронный блок управления (ЭБУ) *18*, электрический психрометр *4*, который установлен на канале *16* подачи наддувочного воздуха в дизель *1* и через датчик *2* передает информацию о количестве влаги в наддувочном воздухе в ЭБУ. Электромагнитный клапан *21*, установленный на канале *20* подачи жидкости и связанный с ЭБУ, предназначен для регулирования количества жидкости, направляемой в холодный теплообменник *17*. В зависимости от нагрузки дизеля распределитель воздуха *12* направляет наддувочный воздух в горячий *7* или холодный *17* теплообменники. При сильном охлаждении наддувочного воздуха (до точки росы) на частичных нагрузках датчик *2* психрометра *4* подает сигнал в ЭБУ, который формирует сигнал управления и подает его на электромагнитный клапан *21*. Подача жидкости в холодный теплообменник уменьшается, а температура наддувочного воздуха растет.

В данной схеме внутренний контур системы охлаждения (СО) не обеспечивает подогрева наддувочного воздуха до оптимального значения на частичных нагрузках, так как не предусмотрено повышение температуры охлаждающей жидкости.

Для повышения температуры охлаждающей жидкости можно использовать систему охлаждения дизеля или отработавшие газы. И в том, и в другом случае системы охлаждения подключены к жидкому хладагенту.

В одной из них (рис. 2) распределитель наддувочного воздуха связан с электродвигателем *31*. В зависимости от нагрузки и температуры наддувочного воздуха распределитель направляет его по каналу *28* на охладитель *26* или по каналу *25* — на перепуск. ИЭМ *34* подключен к четырехходовому крану *33*, который связан с каналом *4* подачи охлаждающей жидкости из двигателя, каналами *22* и *23*, теплообменником *20*, дизелем *10* и каналом *32* подачи жидкости в охладитель *27*.

В системе наддувочного воздуха с использованием газораспределителя (рис. 3), кроме элементов, которые входят в систему, приведенную на рис. 2, имеются газораспределитель *4* с электроприводом *5*, связанный с ЭБУ *2*; канал *23*, идущий к теплообменнику *13*, и канал *21* отвода ОГ от теплообменника в окружающую среду; емкость *14* с жидким хладагентом; электромагнитный клапан *15*; дозатор *17*; канал *16* подачи хладагента.

Задатчик температуры наддувочного воздуха и ЭБУ обеспечивают работу системы в четырех режимах:

первый ($P_{ет} \le 0{,}25P_{ен}$) — поток наддувочного воздуха по каналу *25* (см. рис. 2), через теплообменник *20* и канал 11 поступает в двигатель;

второй ($0{,}25P_{ен} \le P_{ет} \le 0{,}4P_{ен}$) — часть потока наддувочного воздуха по каналу *25* идет на перепуск, а другая часть поступает в охладитель 26;

третий ($P_{ет} \ge 0{,}4P_{ен}$) — весь поток наддувочного воздуха поступает в охладитель *26*;

четвертый ($P_{ет} = P_{ен}$; $T_{st} > T_{so}$) — теплообменник *20* работает в режиме холодильника.

Примечание. $P_{ет}$ — текущее значение мощности; $P_{ен}$ — эффективная номинальная мощность; T_{st} — текущее значение температуры наддувочного воздуха; T_{so} — оптимальное значение температуры наддувочного воздуха.

Задатчик температуры СО и ЭБУ также обеспечивают работу системы в четырех указанных выше режимах:

первый — в системе охлаждения поддерживается температура 95 °С; весь поток охлаждающей жидкости по каналу *22* (см. рис. 2) идет в теплообменник *20* и по каналу *11* поступает в двигатель;

второй — в системе охлаждения поддерживается температура 95 °С; весь поток охлаждающей жидкости по каналу 22 поступает в двигатель;

третий — часть потока охлаждающей жидкости по каналу *22* поступает на перепуск, а часть — по каналу *32* в охладитель *27* и по каналу *21* в двигатель;

четвертый — весь поток охлаждающей жидкости по каналу 32 идет в охладитель *27*, затем по каналу *21* поступает в двигатель.

В ЭБУ поступают сигналы от датчиков *12* и *9* соответственно температуры наддувочного воздуха и СО и задатчиков *3* и *2*.

После пуска дизеля система начинает работать.

Если $P_{ет} \le 0{,}25P_{ен}$, в СО дизеля сигнал от датчика нагрузки *8* поступает на задатчик *2*, который формирует соответствующий сигнал и подает его в ЭБУ (см. рис. 2). Одновременно в ЭБУ подается сигнал от датчика *9* температуры, формируется сигнал управления и подается в ИЭМ 34, который приводит в действие четырехходовой кран *33*, и канал 23 открывается. Весь поток охлаждающей жидкости температурой 95 °С направляется в теплообменник *20*. В системе наддувочного воздуха сигнал от датчика *8* нагрузки поступает на задатчик *3*, где формируется сигнал, который поступает в ЭБУ.

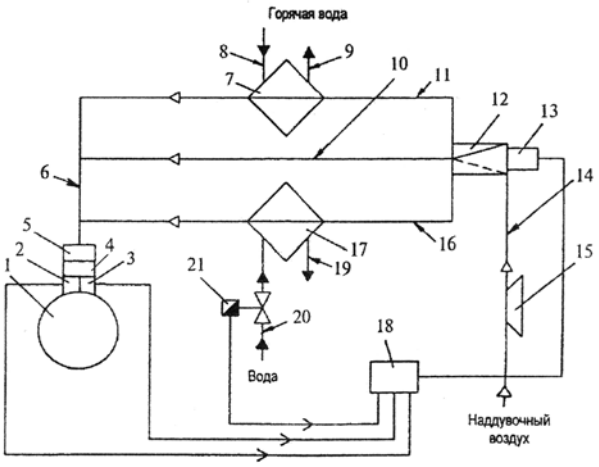


Рис. 1. **Система охлаждения наддувочного воздуха без повышения температуры охлаждающей жидкости:**
1 — дизель; *2, 3, 5* — датчики; *4* — электрический психрометр; *6, 10, 11, 14, 16* — каналы подачи наддувочного воздуха; *7, 17* — горячий и холодный теплообменники соответственно; *8, 20* и 9, 19 — каналы подачи и отвода охлаждающей жидкости; *12* — распределитель воздуха; *13* — ИЭМ; *15* — турбокомпрессор; *18* — ЭБУ; *21* — электромагнитный клапан

Сигнал от датчика температуры наддувочного воздуха поступает в ЭБУ, где формируется сигнал управления и подается на электродвигатель *31*, который приводит в действие распределитель *30* и открывает канал *25*. Наддувочный воздух по каналу *25* направляется в теплообменник *20*, где теплота от охлаждающей жидкости системы охлаждения передается наддувочному воздуху, который подогревается до заданной температуры и направляется в дизель.

Если $0{,}25P_{ен} \le P_{ет} \le 0{,}4P_{ен}$, то в СО посредством ЭБУ и ИЭМ каналы *23* и *32* закрываются, открывается канал *22*, охлаждающая жидкость температурой 95 °С поступает в дизель. Наддувочный воздух по каналу *25* через теплообменник *20* без теплообмена поступает в дизель *10*.

Если $P_{ет} \ge 0{,}4P_{ен}$, СО и система наддувочного воздуха между собой не взаимодействуют. Сигнал от датчика *8* нагрузки поступает в задатчик 3 и в ЭБУ, куда одновременно поступает измеренный сигнал и от датчика 12 температуры наддувочного воздуха. Здесь формируется сигнал управления, который подается на электродвигатель *31*, распределитель *30* закрывает канал *25* и открывает канал *28*. Наддувочный воздух направляется в охладитель *26*, где охлаждается до заданной температуры, и по каналу *18* через теплообменник *20* (без теплообмена) и по каналу *11* проходит в дизель. При необходимости часть наддувочного воздуха может быть направлена по каналу *25* на перепуск.

Для быстрого повышения температуры наддувочного воздуха при работе дизеля на режимах холостого хода и частичных нагрузок, особенно сразу после его пуска в холодное время года, удобна схема регулирования температуры наддувочного воздуха, приведенная на рис. 3, которая работает следующим образом.

Если $P_{ет} \le 0{,}25P_{ен}$, сигналы от датчиков *9* нагрузки и *12* температуры дизеля поступают в блок управления *2*, где формируется сигнал управления и откуда он поступает на электропривод *5*. При этом

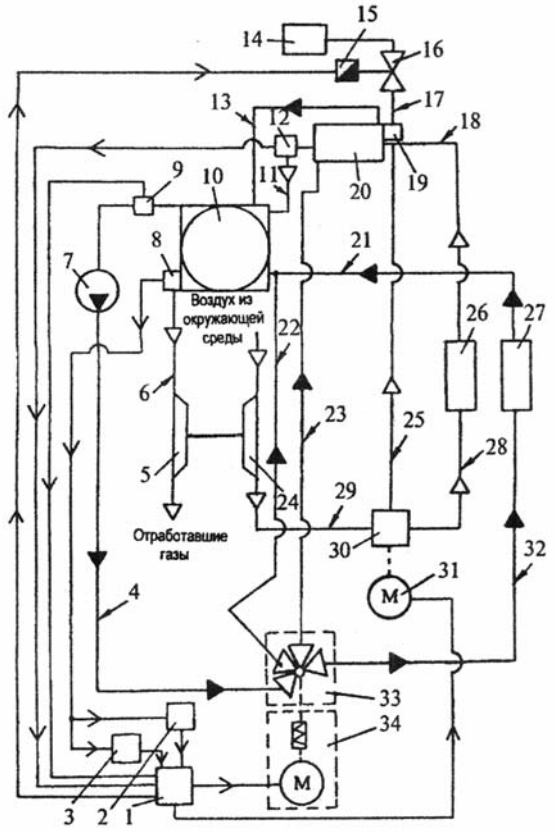


Рис. 2. **Система регулирования температуры наддувочного воздуха ДВС с возможностью повышения температуры охлаждающей жидкости при помощи системы охлаждения дизеля:**
1 — ЭБУ; *2* — задатчик системы охлаждения; *3* — задатчик температуры наддувочного воздуха; *4* — канал подачи охлаждающей жидкости; *5* — газовая турбина; *6* — канал вывода отработавших газов; *7* — циркуляционный насос; *8, 12* — датчики температуры и нагрузки дизеля соответственно; *9* — датчик температуры системы охлаждения дизеля; *10* — дизель; *11, 18, 25, 28, 29* — каналы наддувочного воздуха; *13, 21, 22, 23, 32* — каналы системы охлаждения; *14* — емкость с жидким хладагентом; *15, 16* — электромагнитные клапаны; *17* — канал подачи хладагента; *19* — дозатор; *20* — теплообменник; *24* — турбокомпрессор; *26* — охладитель наддувочного воздуха; *27* — охладитель; *30* — распределитель наддувочного воздуха; *31* — электродвигатель; *33* — четырехходовой кран; *34* — ИЭМ

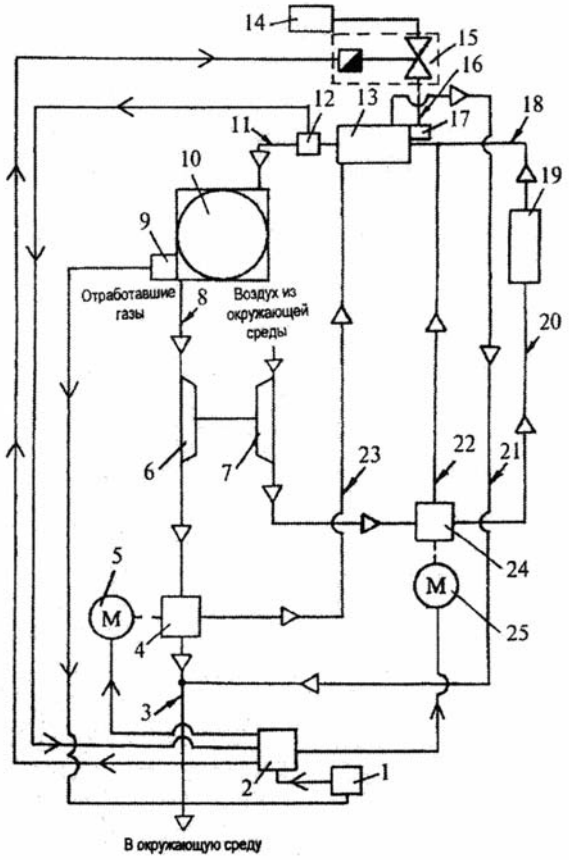


Рис. 3. **Система регулирования температуры наддувочного воздуха ДВС с возможностью повышения температуры охлаждающей жидкости при помощи отработавших газов:**
1 — задатчик температуры наддувочного воздуха; *2* — ЭБУ; *3* — канал выхода отработавших газов в окружающую среду; *4* — газораспределитель; *5* — электропривод; *6* — газовая турбина; *7* — турбокомпрессор; *8* — канал вывода отработавших газов; *9, 12* — датчики нагрузки и температуры дизеля соответственно; *10* — дизель; *11, 18, 20, 22* — каналы наддувочного воздуха; *13* — теплообменник; *14* — емкость с жидким хладагентом; *15* — электромагнитный клапан; *16* — канал подачи хладагента; *17* — дозатор; *19* — охладитель наддувочного воздуха; *21* — канал отвода отработавших газов; *23* — канал системы охлаждения; *24* — распределитель наддувочного воздуха; *25* — электродвигатель

канал *23* открывается и часть отработавших газов поступает в теплообменник *13*. Теплообмен происходит до тех пор, пока датчик *12* не зафиксирует оптимальное значение температуры наддувочного воздуха для данного режима. Требуемое значение температуры будет поддерживаться соответственно закрытием и открытием канала *23*.

При повышении нагрузки дизеля, если $0{,}25P_{ен} \le P_{ет} \le 0{,}4P_{ен}$, канал 23 закроется, система регулирования температуры наддувочного воздуха начнет работать по алгоритму, который описывался выше.

При эксплуатации судовых дизелей в жарком климате, когда для снижения температуры наддувочного воздуха мощности охладителя *19* недостаточно, возникает необходимость включения режима максимального охлаждения. Датчик *12* температуры наддувочного воздуха регистрирует значительное увеличение температуры и посылает сигнал на ЭБУ, который, в свою очередь, посылает сигнал на электромагнитный клапан *15*, открывающий канал *16*, и по этому каналу через дозатор *17* в теплообменник *13* подается необходимое количество жидкого хладагента (фреон, аммиак и т. д.) из емкости *14*. Жидкий хладагент, испаряясь, перемешивается с наддувочным воздухом и охлаждает его. Далее охлажденный наддувочный воздух по каналу *11* подается в дизель.

При охлаждении наддувочного воздуха до точки росы ЭБУ формирует сигнал и подает его на электромагнитный клапан *15*, который частично закрывается. Подача жидкого хладагента в теплообменник *13* уменьшается, что приводит к увеличению температуры наддувочного воздуха.

При уменьшении режима нагрузки система регулирования температуры наддувочного воздуха работает в обратном порядке. Надежная работа системы зависит от правильного выбора параметров ИЭМ и регулирующих органов: четырехходового крана и газораспределителя.

Таким образом, рассмотренные в статье системы регулирования (сни-

жения) температуры наддувочного воздуха с использованием электронных элементов управления могут существенно повысить технико-экономические показатели судовых дизелей на всех режимах их работы, особенно на частичных (долевых) нагрузках.

Литература
1. Патент 2184251 РФ, МКИ: F 02 B 29/04. Устройство для регулирования температуры наддувочного воздуха ДВС/*В. Н. Тимофеев, И. П. Данилов, М. С. Алатырев, Д. В. Тимофеев.* Опубл. в БИ 27.06.2002.
2. Патент 2251021 РФ, МПК F 02 N 17/047. Система регулирования температуры наддувочного воздуха ДВС/*В. Н. Тимофеев, А. М. Юферев, А. М. Поздеев.* Опубл. 27.04.2004.
3. Патент 2253024 РФ, МПК F 01 P 7/14, 3/20. Устройство для регулирования температуры охлаждающей жидкости ДВС/*В. Н. Тимофеев, А. М. Поздеев, Л. М. Тимакова.* Опубл. в БИ 27.05. 05.
4. *Тимофеев В. Н.* Температурный режим двигателей внутреннего сгорания и его регулирование/В. Н. Тимофеев. Чебоксары.: изд-во Чуваш. ун-та, 2008.

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ С МАЛЫМИ УГЛАМИ ВЫХОДА ПОТОКА В СОСТАВЕ ОСЕВОЙ МАЛОРАСХОДНОЙ ТУРБИНЫ

Ю. Я. Фершалов, канд. техн. наук, профессор, тел.: (4232) 26-08-03, **А. Ю. Фершалов,** (Дальневосточный государственный технический университет им. В. В. Куйбышева), **Р. Р. Симашов,** канд. техн. наук, профессор, тел.: (4232) 44-22-16 (Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет)

УДК 621.165...621

Проблема создания высокоэкономичных турбин для судостроения, авиации, двигателестроения и других отраслей промышленности длительное время привлекает внимание исследователей. Необходимость решения этой проблемы обусловлена современными потребностями промышленности, в том числе постоянно растущей стоимостью энергоносителей. Наибольшую актуальность для названного направления имеют работы, результаты которых можно использовать для таких технических объектов, как морские подводные аппараты. Это связано с тем, что уменьшение КПД их двигателя крайне негативно сказывается на эффективности энергетической установки в целом, приводящей к снижению показателя автономности аппарата, который, в свою очередь, позволяет оценить целесообразность установки турбины.

Особой остротой отличаются проблемы, связанные с применением турбинного привода в случае, когда расход рабочего тела (РТ) недостаточен для обеспечения его полного подвода к рабочему колесу (РК) при заданной мощности [1, 2]. По этой причине турбины изготавливают парциальными. При таком исполнении потери кинетической энергии достигают больших значений, причем их доля увеличивается с уменьшением активной дуги и уменьшением мощности турбины. Иногда потери настолько велики, что это сказывается на области применения турбин традиционного типа. В таком случае наиболее перспективным представляется применение малорасходных турбин (МРТ) конструкции профессора И. И. Кириллова [3], в которых используются сопловые аппараты (СА) с малыми конструктивными углами выхода РТ ($\alpha_{1K} \le 9°$). Такие СА характеризуются высоким уровнем потерь кинетической энергии и повышенной неравномерностью потока РТ на выходе из сопла, поэтому для достижения максимального КПД чрезвычайно актуально повышение эффективности СА и определение параметров потока РТ на выходе из них.

При проектировании профилей решеток турбин используются результаты продувок плоских или кольцевых решеток, но в них обратное влияние РК на аэродинамические характеристики СА учитывается только для дозвуковых профилей, как составляющая потерь от нестационарности [4].

Для сверхзвуковых ступеней невозможно учесть количественные потери от нестационарности и, как следствие, учесть обратное влияние РК на характеристики СА.

В работе [3] приведены результаты динамического исследования СА новой конструкции. Статические испытания подтвердили перспективность их применения в МРТ благодаря низким потерям кинетической энергии [5].

Исследования, проведенные на установке с взвешенным СА, показали [3], что обратное влияние РК особенно сильно проявляется при использовании сопел с малым углом выхода потока РТ ($\alpha_{1K} \le 9°$). В этом случае влияние скачков уплотнений, исходящих от кромок лопаток РК на структуру потока в косом срезе сопел, может привести к отрыву потока и изменению ожидаемых аэродинамических характеристик. Поэтому СА с малыми углами выхода потока исследовались в составе ступени МРТ [3, 4, 6]. Из-за малых размеров проточных частей получить достоверные результаты с помощью пневмометрических измерений оказалось невозможным, пришлось анализировать интегральные характеристики: реальный угол выхода потока РТ из СА α_1 и его коэффициент скорости φ в зависимости от конструктивного угла выхода сопел α_{1K}, отношения скоростей $\bar{u}$, числа Маха M_{1t}, вычисленного за СА по теоретическим параметрам, и степени расширения сопел.

Исследование СА с расширяющимися соплами показало [3], что уже при отношении площади выходного сечения сопла к площади критического сечения ($\bar{f}$), равном 1,48, влияние α_{1K} становится сравнимым с влиянием числа Маха M_{1t}, а в СА с сужающимися соплами — превалирует влияние M_{1t}.

В результате анализа экспериментальных данных, приведенных в работе [3], установлено, что при малых значениях α_{1K} косой срез оказывает основное влияние на эффективность работы сопел. Это обусловлено тем, что в присутствии РК система отраженных от кромок скачков уплотнения, воздействуя на поток РТ, прижимает его к СА и тем самым способствует увеличению расширительной способности косого среза. При этом чем меньше α_{1K}, тем сильнее расширительная способность косого среза. С увеличени-

ем $\bar{f}$ расширительная способность падает и, как следствие, увеличиваются потери энергии в соплах.

Увеличение расширительной способности косого среза подтверждается смещением оптимума эффективности СА в сторону увеличения M_{1t} при уменьшении α_{1K} [3]. Это связано с тем, что эффективность сопел зависит от формы и расположения скачков уплотнения в расширяющейся части канала и косом срезе. С уменьшением $\bar{f}$ скачки уплотнения быстрее переходят в косой срез. Поэтому при сужающихся соплах СА по мере увеличения M_{1t} поток РТ продолжает разгоняться в косом срезе. Благодаря этому для сужающихся сопел допустимы перепады давлений в широком диапазоне изменения M_{1t} при удовлетворительном уровне потерь. Из испытанных моделей это явление в большей мере относится к СА с $\alpha_{1K} = 5°$.

В результате оптимизационных исследований, с учетом формы косого среза в области малых углов α_{1K}, были получены кривые (рис. 1), которые рекомендуется использовать при выборе степени расширения сопел [3].

Из графиков, приведенных на рис. 1, следует, что СА с $\alpha_{1K} = 5°$ необходимо изготавливать с расширяющимися соплами при $M_{1t} \geq 2{,}41$. СА с $\alpha_{1K} = 9°$ эффективнее с сужающимися соплами до значения $M_{1t} = 1{,}5$, а для конструкции СА с $\alpha_{1K} = 7°$ — значение M_{1t}, при котором следует применять расширяющиеся сопла, отодвигается до 2,15.

Характер влияния конструктивного угла выхода потока из сопел и M_{1t} на характеристики потока качественно соответствует данным для решеток полноразмерных турбин.

В исследованных СА реальный угол выхода потока РТ из СА α_1 существенно зависит от α_{1K}, а степень влияния M_{1t} на этот показатель несколько меньше. С увеличением степени расширения влияние α_{1K} и M_{1t} усиливается. Так как α_1 связан с потерями энергии в косом срезе сопел, то сведения литературных источников о том, что косой срез работает более эффективно в СА с суживающимися соплами, подтверждаются.

В сверхзвуковых МРТ взаимодействие СА и РК изучено недостаточно, хотя скачки уплотнения вблизи кромок сопловых и рабочих профилей существенно влияют на обтекание сопловой и рабочей решеток, что характерно для сверхзвуковых ступеней. В связи с этим изучение взаимодействия СА и РК представляется весьма актуальным.

Из-за отсутствия оборудования и приборов необходимой точности выполнить качественное экспериментальное исследование структуры потока в сверхзвуковых МРТ пока не представляется возможным. Поэтому анализ динамики распространения скачков уплотнения пришлось проводить в упрощенной постановке с использованием результатов экспериментальных исследований по полноразмерным турбинным ступеням с учетом данных по СА МРТ.

Экспериментальная установка обеспечила получение осредненных газодинамических и кинематических характеристик потока на выходе из СА [6].

Результаты динамических испытаний СА представлены математической моделью вида

$$\alpha_1, \varphi = f(M_{1t}, \alpha_{1K}, \bar{u}) =$$

$$= b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i X_i + \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} b_{ij} X_i X_j ,$$

где $M_{1t} = X_1$ — число Маха, вычисленное за СА по теоретическим параметрам; $\alpha_{1K} = X_2$ — конструктивный угол выхода из сопел; $\bar{u} = u/C_0 = X_3$ — характеристическое число; u — окружная скорость РК; C_0 — теоретическая скорость выхода потока РТ; b_0, b_i, b_{ij} — коэффициенты [3].

Исследования качественно подтвердили некоторые выводы о воздействии РК на СА [7] и позволили выявить характер влияния ряда факторов на φ и α_1 (рис. 2, 3). Анализ полученных результатов позволил раскрыть причины этих влияний и возможные последствия.

1. Наибольшее влияние РК на аэродинамические характеристики потока РТ, вытекающего из СА, отмечается при больших относительных площадях $\bar{f}$. Это свидетельствует об ухудшении работы косого среза у сопел СА с расширяющимися каналами по сравнению с сужающимися соплами.

2. Уменьшение α_{1K} увеличивает чувствительность СА к присутствию РК, особенно при вращении последнего. Это объясняется тем, что при малых углах выхода потока РТ из сопел осевая составляющая скорости

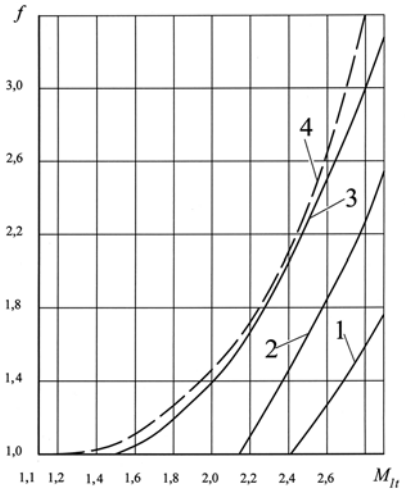


Рис. 1. **Выбор степени расширения сопловых аппаратов при динамическом режиме (характеристическое число 0,2):** *1* — $\alpha_{1K} = 5°$; *2* — $\alpha_{1K} = 7°$; *3* — $\alpha_{1K} = 9°$; *4* — рекомендации Московского энергетического института по выбору $\bar{f}$ для СА с $\alpha_{1K} = 9°$ при $\bar{u} = 0$

потока уменьшается и M_{1t} в осевом направлении становится меньше единицы. Отраженный от кромок лопаток РК скачок уплотнения через осевую составляющую скорости воздействует на поток, что отрицательно сказывается на эффективности работы косого среза.

3. Увеличение M_{1t} уменьшает степень влияния РК на аэродинамические характеристики сопел СА. Это обусловлено ростом осевой составляющей скорости РТ. В результате снижается относительная скорость движения скачка в направлении потока, что препятствует возникновению отрыва на задней стенке косого среза сопла. Кроме того, из-за увеличения относительной скорости скачка уменьшается продолжительность воздействия скачков уплотнения на косой срез сопел. Следует отметить, что увеличение скорости выхода потока из СА предполагает уменьшение относительной к нему окружной скорости РК при одной и той частоте вращения последнего, что снижает потери от нестационарности.

4. Характеристическое число влияет на эффективность СА двойственно: при уменьшении скорость движения скачка уплотнения падает, т. е. увеличивается продолжительность его воздействия на сопла, что способствует не только увеличению потерь, но и препятствует возникновению отрыва на задней стенке косого среза соплового профиля, а это, в свою очередь должно способ-

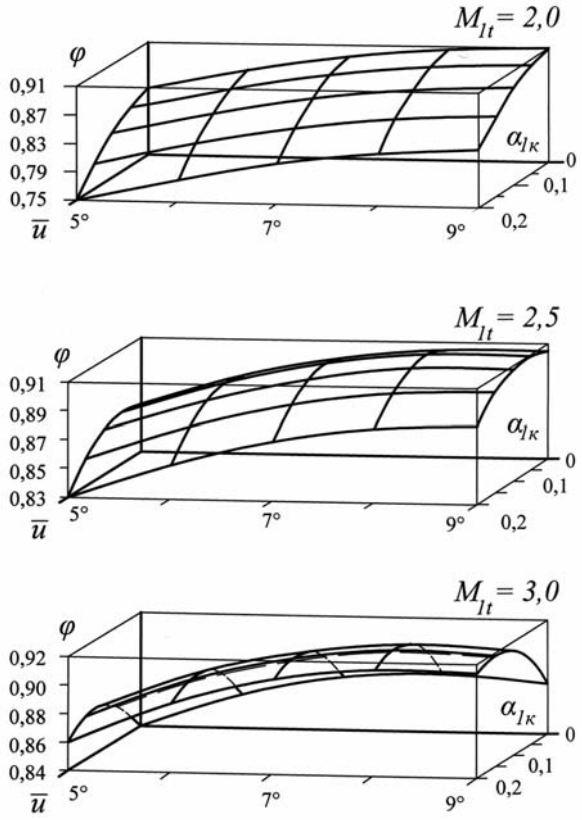


Рис. 2. **Коэффициент скорости соплового аппарата со степенью расширения сопел 2,82**

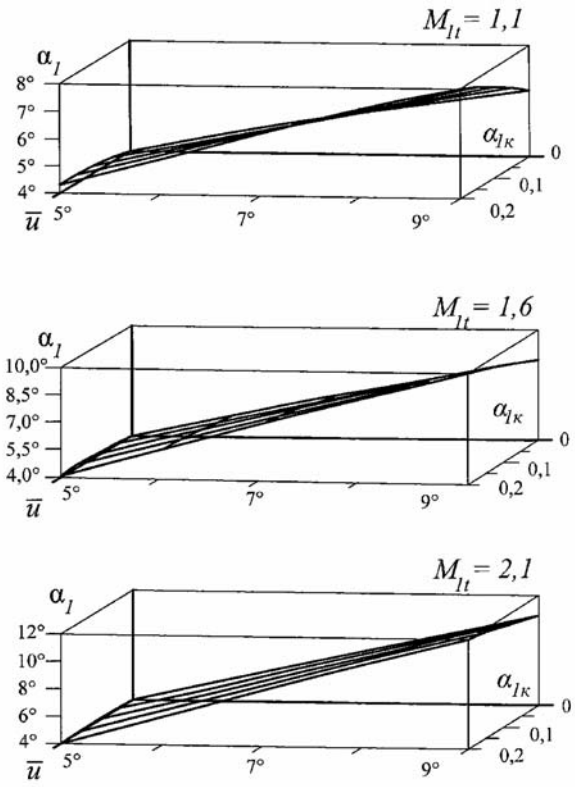


Рис. 3. **Угол выхода потока рабочего тела из соплового аппарата с суживающимися соплами**

ствовать снижению потерь. Ступени МРТ имеют профили с относительно толстыми входными кромками. В связи с этим влияние на аэродинамические характеристики потока РТ отраженного скачка более существенно, чем в полноразмерных турбинах. В результате эффективность СА с ростом $\bar{u}$ снижается.

5. При динамическом режиме работы малорасходных турбин с малыми $\alpha_{1К}$ увеличение расширительной способности косого среза сопла с уменьшением $\alpha_{1К}$ наблюдается в большей степени.

6. Для СА с $\alpha_{1К}$ = 5° при росте и M_{1t} наблюдается уменьшение α_1. Вместе с тем для сопел с $\alpha_{1К}$ = 5° и $\bar{f}$ = 2,82 α_1 монотонно растет, как и при $\alpha_{1К}$, равном 7° и 9°. Это связано с тем, что рабочая решетка в сверхзвуковом потоке обладает направляющим действием, проявляющимся в перестройке набегающего на него потока под влиянием исходящих от профилей скачков уплотнения и волн разрежения, которые взаимодействуют между собой и со стенками подводящего сопла. В результате при малых значениях α_1 осевая составляющая скорости мала, и обратное влияние РК на аэродинамические характеристики СА проявляется более ярко. Это подтверждается тем, что увеличение α_1 у СА с $\alpha_{1К}$ = 9° интенсивнее, чем при $\alpha_{1К}$ = 7°.

У суживающегося СА с $\alpha_{1К}$ =5° равнодействующая сил аэродинамического взаимодействия РК с СА прижимает поток РТ к косому срезу сопел, у соплового аппарата с $\alpha_{1К}$ = 5° и $\bar{f}$ = 2,82 этого не происходит.

Выводы

Динамические эксперименты сопел новой конструкции показали их перспективность [3, 6].

Значения M_{1t} во время динамического режима работы МРТ, при которых необходимо применять расширяющиеся сопла, больше, чем при неподвижном РК.

Значительное влияние на потери в СА с малыми углами выхода оказывает РК.

Действительный угол выхода потока РТ из СА с $\alpha_{1К}$ = 5° при увеличении частоты вращения РК может уменьшаться.

Увеличение степени расширения сопел ухудшает работу косого среза СА.

Регрессионная модель для СА предлагаемой конструкции позволяет выполнять расчеты по определению коэффициента скорости СА и действительного угла выхода потока из сопел МРТ в интервале изменения режимных и геометрических параметров, принимавшихся в эксперименте с относительной погрешностью, не превышающей 5%.

Литература

1. *Топунов А. М.* Теория судовых турбин. Л.: Судостроение, 1985.
2. *Курзон А. Г.* Теория судовых паровых и газовых турбин. Л.: Судостроение, 1970.
3. *Фершалов Ю. Я.* Совершенствование сверхзвуковых осевых малорасходных турбин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 1999.
4. Аэродинамические характеристики ступеней тепловых турбин/*Н. Н. Афанасьева, В. Н. Бусурин, И. Г. Гоголев и др.*; Под общ. ред. В. А. Черникова. Л.: Машиностроение, 1980.
5. *Фершалов Ю. Я., Чехранов С. В.* Статические испытания сопловых аппаратов с малым углом выхода потока//Судостроение. 2005. № 5.
6. *Фершалов Ю. Я.* Разработка моделей малорасходных турбинных ступеней и стенда для исследования сопловых аппаратов//Судостроение. 2004. № 6.
7. *Дейч М. Е., Кобазов А. В., Лазарев Л. Я.* О взаимодействии сопловой и рабочей решеток в сверхзвуковой турбинной ступени//Теплоэнергетика. 1970. № 4.

Письмо в редакцию

ОБ АМОРТИЗАТОРАХ СТВР И АКСС

После опубликования статьи Э. Г. Берестовицкого, В. И. Голованова, Н. В. Волковой, В. Г. Иванова и А. В. Слепова «Применение спирально-тросовых виброизоляторов для оборудования морских объектов» (Судостроение. 2008. № 5. С. 42—43) в редакцию пришло письмо доктора технических наук В. И. Попкова и О. Н. Воиновой, высказывающих свою точку зрения на затронутую в статье проблему.

В статье Э. Г. Берестовицкого и др. говорится о создании нового типа спирально-тросовых виброизоляторов (СТВР) из металлических тросов и приводятся их технические характеристики. В частности, указаны значения их динамических жесткостей, которые в основном, вертикальном направлении *z* почти в пять раз меньше, чем у виброизоляторов типа АКСС при их использовании на равную статическую нагрузку. Кроме того, сказано, что коэффициент потерь виброизоляторов типа СТВР достигает больших значений $\eta = 0{,}6$ (у виброизоляторов АКСС $\eta = 0{,}1$), что положительно сказывается на их виброизолирующей и противоударной эффективности.

Имея такую информацию, проектанты судовых амортизирующих креплений, естественно, будут стремиться использовать виброизоляторы типа СТВР вместо АКСС, которые применяются в настоящее время не менее чем в 70—85% судовых и корабельных амортизирующих креплений оборудования и трубопроводов. Поэтому авторы настоящего письма, специализирующиеся в области проектирования виброизолирующих креплений оборудования и измерений механических сопротивлений (динамических жесткостей) виброизоляторов, выполнили контрольные измерения динамических жесткостей виброизоляторов типа СТВР на специализированных аттестованных стендах ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и по методикам, аккредитованным в Федеральном агентстве по метрологии и в 32 ГНИИИ Минобороны России. Значения динамических жесткостей измерялись при возбуждении виброизоляторов типа СТВР вибрацией, имеющей уровни порядка 60—70 дБ на средних частотах, что соответствует реальным значениям вибраций, действующих со стороны оборудования и трубопроводов на судах и кораблях в процессе эксплуатации. Это условие выполняется при вибрационных испытаниях всех типов судовых виброизоляторов.

Результаты испытаний сравнивались со значениями этих величин, приведенными в статье Э. Г. Берестовицкого и др., а также со значениями динамических жесткостей вдоль оси *z* виброизолятора типа АКСС-25И, предназначенного для использования при такой же статической нагрузке, что и виброизолятор типа СТВР-25К.

Из рис. 1, представленного в качестве примера, видно, что:

— во-первых, значения динамических жесткостей виброизоляторов типа СТВР-25К, полученные в процессе испытаний на стенде ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, в 10 раз превышают значения, приведенные в статье Э. Г. Берестовицкого и др. (кроме резонансной частоты 400 Гц), а на частотах около 1000 Гц это превышение достигает 45 раз;

— во-вторых, реальная динамическая жесткость виброизоляторов СТВР-25К в два раза больше динамической жесткости виброизоляторов АКСС-25И.

Коэффициент потерь виброизоляторов СТВР при воздействии вибрации с уровнями порядка 60—70 дБ равен примерно $\eta \cong 0{,}001...0{,}03$, т. е. близок к коэффициенту потерь металлического стержня.

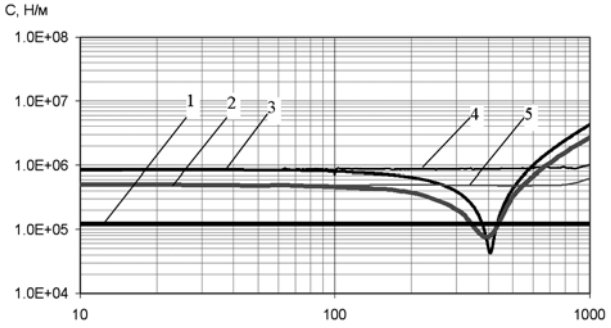


Рис. 1. **Частотные характеристики входных С11 и передаточных С21 динамических жесткостей виброизоляторов типа АКСС-25И и СТВР-25К:**
1 — входные и передаточные жесткости СТВР-25К, приведенные в статье Э. Г. Берестовицкого и др.; *2* — входные жесткости АКСС-25И; *3* — фактические входные жесткости СТВР-25К; *4* — фактические передаточные жесткости СТВР-25К; *5* — передаточные жесткости АКСС-25И

Аналогичная картина имела место при сравнительных испытаниях виброизоляторов СТВР-40К, СТВР-60К, СТВР-80К и АКСС-40И, АКСС-60И, АКСС-80И.

Для выяснения причин при-

ведения авторами рассматриваемой статьи малых значений жесткостей и больших коэффициентов потерь виброизолятора типа СТВР и предполагая, что эффекты уменьшения динамической жесткости виброизоляторов типа СТВР возможны при больших амплитудах деформации, когда отдельные проволочки начнут двигаться относительно друг друга, авторами настоящего письма были выполнены измерения жесткостей и коэффициентов потерь виброизоляторов типа СТВР при постепенном увеличении возмущающей вибрации. Предположения подтвердились. Например, при амплитуде вибрации 0,1 мм динамическая жесткость виброизолятора типа СТВР-25К уменьшилась до значения $6{,}3 \cdot 10^5$ Н/м, при амплитуде вибрации 0,2 мм и 0,3 мм жесткость составила $4 \cdot 10^5$ и $3{,}2 \cdot 10^5$ Н/м соответственно, а коэффициент потерь увеличился до значения $\eta = 0{,}43$. В то же время при работе в течении 2—3 мин с амплитудой деформации 1 мм виброизолятор типа СТВР-25К сгорел (рис. 2).

Из сказанного следует, что в технических условиях виброизоляторов типа СТВР следует привести значения их динамических жесткостей при больших и малых (акустических) деформациях. Тогда проектанту амортизирующего крепления будет ясно, что для виброизолирующих креплений, призванных уменьшать вибрацию, распространяющуюся от оборудования и трубопроводов на фундаменты, применять виброизоляторы типа СТВР нецелесообразно ввиду их большой жесткости при акустических колебаниях, а следовательно, малой виброизолирующей эффективности. Например, по сравнению с виброизоляторами типа АКСС эффективность виброизоляторов типа СТВР будет в два раза меньше.

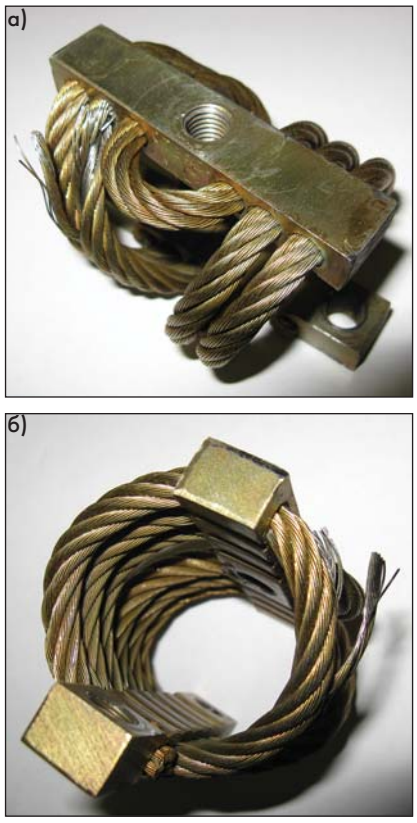


Рис. 2. **Виброизолятор типа СТВР-25К, вышедший из строя при амплитуде деформации около 1 мм:**
а – вид сверху; *б* – вид сбоку

В то же время, если на судне есть невиброактивное оборудование и его следует защитить от внешней вибрации, имеющей большие значения амплитуд, которая, например, может возникнуть при движении корабля на максимальной скорости и в случае совпадения частот собственных колебаний корпуса корабля и частот ходовой вибрации (всякое может случиться), то такое оборудование можно установить на виброизоляторы типа СТВР. При больших амплитудах деформации виброизоляторы типа СТВР будут иметь малую жесткость и большой коэффициент потерь. Это приведет к эффективной защите невиброактивного оборудования от внешней вибрации. Правда, при этом следует быть уверенным, что виброизоляторы типа СТВР не сгорят.

В. И. Попков, докт. техн. наук, профессор,
О. Н. Воинова, начальник стенда ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАСС СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

К. Н. Сахно, канд. техн. наук, доцент, ФГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»,
e-mail: post@astu.org

УДК 629.5.06.001.2:621.643

Современное судно представляет собой сложный технологический комплекс, состоящий из различного вида оборудования, механизмов и других конструкций, для обеспечения работы которых служат системы трубопроводов. Появление новых многофункциональных типов судов, усложнение применяемого оборудования влечет за собой увеличение количества труб различной конфигурации, которые необходимо компактно размещать на судне. Форма и размеры отдельных труб определяются пространственным расположением всего трубопровода. Традиционные технология и организация постройки судна во многих случаях предусматривают определение формы труб «по месту» на строящемся объекте, с учетом размещения смежного оборудования, электротрасс и трубопроводов других систем. При этом возникает большой объем пригоночных работ, связанных с изменением размеров отдельных элементов труб, сборкой их с большим объемом дополнительных ручных операций.

За последние 30 лет трудоемкость трубопроводных работ (изготовление и монтаж на судне) выросла с 5 до 10—12% от общей трудоемкости постройки судна, а на некоторых проектах, в частности рыбопромысловых судов, — до 14—17%. Поэтому одной из важнейших задач современного судостроения является повышение эффективности производства путем внедрения технологии предварительного изготовления труб по проектной документации без пригонки «по месту». Наличие в проекте достоверной информации, достаточной для предварительного изготовления и монтажа труб, позволяет «запараллелить» работы по постройке судна и сократить сроки выполнения судостроительных заказов. Появляется возможность создания региональных центров, работающих по автоматизированной технологии изготовления труб.

Новая технология предъявляет определенные требования к процессу проектирования, который должен

обеспечить точность взаимного расположения труб и оборудования, снижение трудоемкости сборочных работ, повышение качества документации по трубопроводным системам, в частности, базирующееся на научно обоснованных методах их проектирования. В настоящее время, даже при самом тщательном отношении к процессу проектирования с использованием современных автоматизированных систем, доля предварительно изготавливаемых труб не превышает 60%.

Решению проблемы способствует формирование научных основ проектирования трасс сложных трубопроводных систем, установление влияния погрешностей изготовления на отклонения координатных размеров труб [1, 2] и разработка методов компенсации суммарных отклонений в трассах трубопроводов. Поиски решения этой задачи ведутся в рамках гипотезы о взаимосвязи конфигурации и отклонений координатных размеров труб и возможности компенсации суммарных отклонений в трассах трубопроводов без изменения конфигурации готовых труб. При этом используется математический аппарат аналитической геометрии, векторной алгебры, теории вероятностей и размерных цепей. Траектория трубопровода (трасса) задается последовательностью точек T_1, T_2,..., T_m. Каждая из них может быть либо точкой изгиба (изменения направления трассы), либо точкой соединения двух труб (без изменения направления трассы). Номера (индексы) точек соединения задаются массивом s_1, s_2,..., $s_{i'}$. При необходимости s_i могут быть вычислены по T_i. Трасса должна соединить начальное и конечное соединения, точное положение которых (относительно друг друга) в момент проектирования трассы неизвестно. Погрешность определяется *областью возможных отклонений* конечной точки трассы (кратко — область отклонений). Эта область задается в виде прямоугольного параллелепипеда (определяется по результатам размерного анализа).

Часть трассы, у которой начальный и конечный прямые участки параллельны, можно использовать для перемещения конечной точки трассы, поворачивая трассу в соединениях, находящихся на этих прямых участках до ограничения соседними конструкциями. Область, которую опишет при этом конечная точка $A = T_m$, называется *областью компенсации возможных отклонений*. При повороте трассы вокруг оси ее первого участка конечная точка трассы описывает дугу окружности. Если в трассе имеется участок, параллельный первому, то после поворота части трассы, расположенной за вторым параллельным участком на тот же угол, но в обратном направлении, все участки этой части трассы останутся параллельны своему первоначальному положению, а положение конечной точки трассы будет соответствовать результату ее перемещения по дуге, образованной перемещением второго параллельного участка относительно первого. Такие перемещения можно проводить, используя параллельные участки, расположенные в любом месте трассы, т. е. переносить образованные ими дуги в конечную точку трассы и использовать их для перемещения трассы при ее монтаже с целью компенсации возникших отклонений. При вращении двух разных пар параллельных участков конечная точка трассы перемещается по некоторой поверхности. При вращении трех и более пар участков область компенсации представляет собой трехмерное тело. Эти дуга, поверхность и трехмерное тело и есть области компенсации.

Параллельность участков. Пусть имеется часть трассы, заданная точками T_i, T_{i+1},..., T_{j-1}, T_j; $j \geq i + 2$. Кроме начальной и конечной, должно быть не менее двух точек изгиба, чтобы участки могли быть параллельны. Определить, параллельны ли участки трассы, можно, вычислив угол между направлениями в начале и в конце.

Найдем направление в начале: $\vec{V}_1 = \overrightarrow{OT}_{i+1} - \overrightarrow{OT}_i$ и нормируем его $\vec{\nu}_1 = \vec{V}_1 / \| \vec{V}_1 \|$. Найдем также направление в конце: $\vec{V}_2 = \overrightarrow{OT}_j - \overrightarrow{OT}_{j-1}$; $\vec{\nu}_2 = \vec{V}_2 / \| \vec{V}_2 \|$. Угол можно определить через скалярное или векторное произведения: $\cos\gamma = (\vec{\nu}_1, \vec{\nu}_2)$; $\sin\gamma = [\vec{\nu}_1, \vec{\nu}_2]$. Как известно, для параллельных линий

$$\cos\gamma = 1;\ \sin\gamma = 0 . \qquad (1)$$

Допустим, что два участка отвечают этому требованию. Найдем параметры дуги окружности, которую будет описывать второй участок при повороте его относительно оси, образованной направлением первого.

Нормаль. Нормалью будет, собственно, направление в начале: $\vec{n} = \vec{\nu}_1$.

Радиус. Для определения радиуса найдем вектор, соединяющий начало первого и конец второго участка $\overrightarrow{\Delta T} = \overrightarrow{OT}_j - \overrightarrow{OT}_i$. Тогда радиус будет

$$R = \sqrt{(\overrightarrow{\Delta T}, \overrightarrow{\Delta T}) - (\overrightarrow{\Delta T}, \vec{n})^2} . \qquad (2)$$

Если радиус близок к нулю, значит, оба участка лежат на одной прямой и их вращение бессмысленно.

Центр. Центр получается параллельным переносом от конца второго участка к концу трассы:

$$\overrightarrow{OC} = \overrightarrow{OT}_m + (\overrightarrow{\Delta T}, \vec{n})\cdot\vec{n} - \overrightarrow{\Delta T} . \qquad (3)$$

Базис. Для задания плоскости окружности необходимы три базисных вектора. Один из них (нормаль) уже найден, два других определяются по формулам

$$\vec{e} = \frac{\overrightarrow{OT}_m - \overrightarrow{OC}}{R},\quad \vec{u} = [\vec{n}, \vec{e}] . \qquad (4)$$

Уравнение окружности S_1:

$$\overrightarrow{OF}(t) = R\vec{e}\cos(t) + R\vec{u}\sin(t) + \overrightarrow{OC},$$

$$-\alpha \leq t \leq \beta , \qquad (5)$$

где F — произвольная точка окружности

Область компенсации. Переберем все прямые участки трассы и последовательные соединения труб. Выберем из них варианты с параллельными участками, проверяя условие (1). Полученная последовательность окружностей — материал для построения области компенсации.

Область компенсации S_2, полученная по двум дугам:

$$\overrightarrow{OH}_2(t_1, t_2) = R_1\vec{e}_1(\cos(t_1) - 1) + R_1\vec{u}_1\sin(t_1) +$$

$$+ R_2\vec{e}_2\cos(t_2) + R_2\vec{u}_2\sin(t_2) + \overrightarrow{OC}_2; \qquad (6)$$

$$-\alpha_1 \leq t_1 \leq \beta_1;$$

$$-\alpha_2 \leq t_2 \leq \beta_2 .$$

Область компенсации S_3, полученная по трем дугам (рис. 1):

$$\overrightarrow{OH_3}(t_1, t_2, t_3) = R_1\vec{e}_1(\cos(t_1) - 1) + R_1\vec{u}_1\sin(t_1) +$$

$$+ R_2\vec{e}_2(\cos(t_2) - 1) + R_2\vec{u}_2\sin(t_2) + R_3\vec{e}_3\cos(t_3) +$$

$$+ R_3\vec{u}_3\sin(t_3)\ \overrightarrow{OC_3}; \qquad (7)$$

$$-\alpha_1 \le t_1 \le \beta_1,\ -\alpha_2 \le t_2 \le \beta_2,\ -\alpha_3 \le t_3 \le \beta_3 .$$

Область компенсации S_k, полученная по k дугам ($k \ge 3$):

$$\overrightarrow{OH_k}(t_1,..., t_k) = \sum_{i=1}^{k}(R_i\vec{e}_i(\cos(t_i) - 1) +$$

$$+R_i\vec{u}_i\sin(t_i)) + R_k\vec{e} + \overrightarrow{OC_k}; \qquad (8)$$

$$-\alpha_i \le t_i \le \beta_i,\ i = 1, 2,..., k.$$

Область отклонений. Допустим, что область отклонений задана в виде параллелепипеда, т. е. заданы максимальные отклонения от конечной точки трассы по каждой из координат $\Delta = [\Delta x, \Delta y, \Delta z]$. Если известны поверхности, ограничивающие область (S_3), то можно для каждой поверхности построить сетку H_k^{ij} (достаточно грубую, например, 10x10), найти отклонения от точки A $\delta^{ij} = [\delta^{ij}x, \delta^{ij}y, \delta^{ij}z] = OH_k^{ij} - \overrightarrow{OA}$ и выяснить, попадают ли точки сетки внутрь параллелепипеда (рис. 2):

$$|\delta^{ij}x| < \Delta x,\ |\delta^{ij}y| < \Delta y,\ |\delta^{ij}z| < \Delta z . \qquad (9)$$

Если ни одна точка поверхностей не попадает — значит, область компенсации поглотила область отклонений (рис. 3).

Чтобы определить, на какие углы следует повернуть трубы для попадания в реальную конечную точку A', следует численно решить систему уравнений

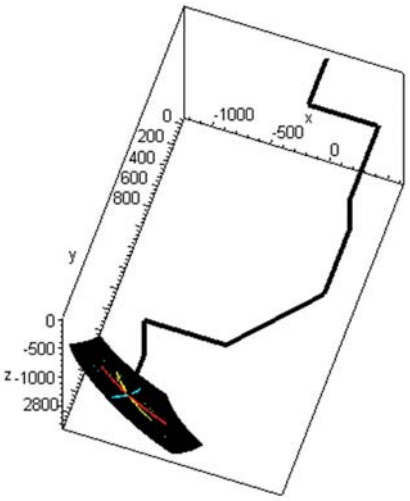


Рис. 1. **Трасса + область компенсации S_3**

$$\overrightarrow{OH_k}(t_1,..., t_k) = \overrightarrow{OA'} - \overrightarrow{OA} . \qquad (10)$$

Сформированная концепция предполагает использование взаимно параллельных участков с соединениями труб для компенсации суммарных отклонений в трассах трубопроводов. В процессе проектирования осуществляются: оценка конфигурации проектируемых трасс и поиск взаимно параллельных участков; выбор приоритетных дуг компенсации; уточнение расположения соединений; выбор отрезков с припусками, назначение забойных труб и величин припусков; корректировка конфигурации трассы.

Монтаж труб и пригонка забойных труб выполняются одновременно. Оценив фактические отклонения монтируемой трассы, используя расчетную программу, можно определить, какие дуги использовать, на какие углы поворачивать отдельные участки для монтажа трассы.

Понятие забойной трубы, как трубы, конфигурация которой определяется «по месту», теряет смысл. В новом понимании «забойная» труба — это труба с расчетными припусками, выбор которой осуществляется на стадии проектирования с использованием разработанного алгоритма компьютерной программы на основе авторской концепции о возможности компенсации суммарных отклонений без изменения конфигурации труб. Соответствующую запись предлагается внести в отраслевой стандарт — ныне руководящий документ РД 5Р.0005—93 [3].

Исследования с целью формирования научных основ проектирования трасс сложных трубопроводных систем позволили:

- установить аналитические зависимости, определяющие влияние точности выполнения указанных операций на отклонения координатных размеров труб;
- расширить представление о возможности применения теории пространственных размерных цепей при проведении размерного анализа в процессе проектирования трасс трубопроводов;
- сформировать концепцию компенсации суммарных отклонений в трассах трубопроводов без изменения конфигурации труб;
- создать математическую модель области компенсации;

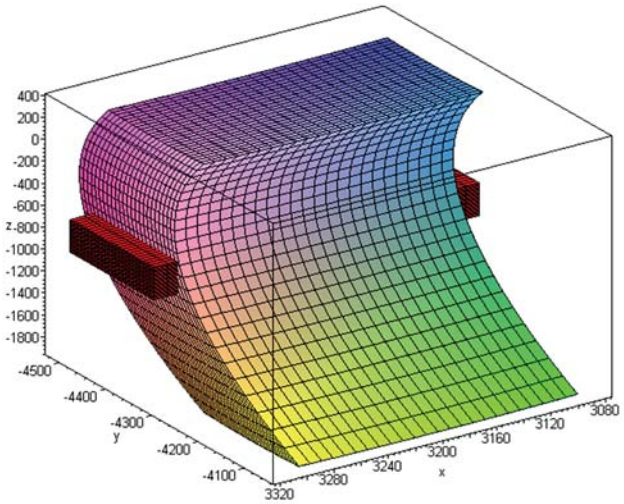


Рис. 2. **Область компенсации не полностью поглотила параллелепипед отклонений**

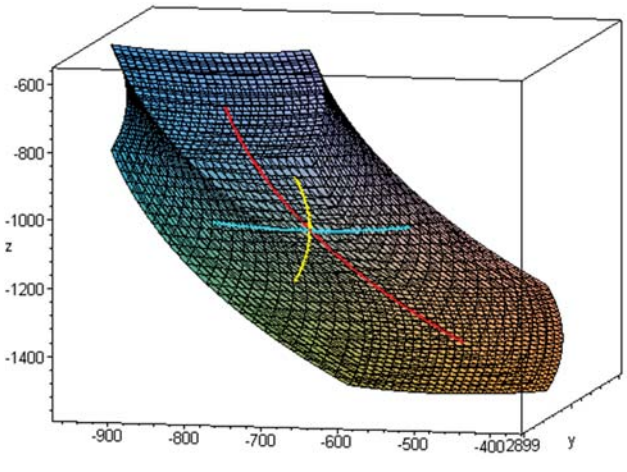


Рис. 3. **Область компенсации поглощает параллелепипед отклонений**

• разработать метод расчета, основанный на взаимосвязи конфигурации и отклонений координатных размеров труб, и методику проектирования и сборки трубопроводных систем, которые дают возможность проектировать трассы трубопроводов с учетом отклонений и изготавливать трубы без получения информации «по месту», обеспечивая сокращение сроков строительства и повышение производительности путем «запараллеливания» трубопроводных работ при формировании объекта и снижения (в среднем на 13—15%) трудоемкости изготовления труб. Судостроительные предприятия могут отказаться от дорогостоящего оборудования для гибки труб, способствуя созданию региональных центров, работающих по автоматизированной технологии изготовления труб.

Результаты исследования могут быть использованы в системах CAD/CAM проектирования трубопроводов, технологической подготовки производства и открывают возможность: расположения трубопроводов с учетом научно обоснованных предельных отклонений и обеспечения заданных требований трассировки; совершенствования технологии изготовления труб по проектной информации с целью увеличения объема предварительно изготавливаемых труб без пригонки «по месту». Результаты разработки применимы при проектировании трасс трубопроводов независимо от их функционального назначения.

Литература

1. *Сахно К. Н.* Проектирование сложных судовых трубопроводных систем с учетом погрешностей их изготовления. Астрахань: изд-во АГТУ, 2008.
2. *Сахно К. Н.* Исследование влияния погрешностей изготовления на точность координатных размеров труб сложных судовых технологических комплексов: Дис. на соиск. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбГМТУ, 2000.
3. ОСТ 5.0005—81 (РД 5Р.0005—93). Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Требования к проектированию, изготовлению и монтажу труб по эскизам и чертежам с координатами трасс трубопроводов.

КОНФЕРЕНЦИЯ «УМЕНЬШЕНИЕ ШУМНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

27—28 октября в Санкт-Петербурге Российским НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова была проведена конференция «Уменьшение шумности гидравлических систем». В ее работе приняли участие 30 специалистов из Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Самары, Омска, Калининграда и Северодвинска.

На конференции были заслушаны и обсуждены 16 докладов, посвященных:

— методам расчета колебаний трубопроводов с жидкостью, в том числе включающих гибкие вставки с жидкостью, при действии произвольных систем сил;

— методам уменьшения шумности насосов и проведения их виброакустических испытаний;

— методам математического моделирования колебаний трубопроводов от действия пульсирующего потока жидкости и использования гасителей колебаний звукового давления для снижения виброакустической нагруженности гидромеханических систем;

— физико-математическому моделированию гибких вставок с жидкостью;

— методам расчета и измерения механических и акустических сопротивлений гибких вставок с жидкостью и глушителей гидродинамического шума, а также опыту их использования для гашения колебаний систем;

— определению влияния гибких вставок с жидкостью на виброактивность оборудования и на пути излучения ими колебательной мощности насосов и установок;

— рассмотрению опыта и рекомендаций по совершенствованию контроля виброактивности насосов и арматуры.

По мнению участников конференции, гидравлические системы стали основными источниками шума и вибрации и путями распространения колебательной энергии на транспорте, в машиностроении и строительстве. Наряду с традиционными направлениями уменьшения шумности гидравлических систем в источниках их зарождения (насосах, регулирующей аппаратуре и арматуре) большое значение имеет создание гибких вставок с жидкостью с требуемыми динамическими характеристиками в звуковом диапазоне частот и определение правил их оптимального использования для снижения шумности гидравлических систем. Для этого требуется исследование влияния конструктивных параметров гибких вставок и глушителей на их сопротивления в широком диапазоне частот, разработка методов теоретического и экспериментального исследования механических и акустических сопротивлений, а также правил оптимального проектирования виброакустической защиты систем трубопроводов и воздуховодов. Необходимо также совершенствование методических материалов по контролю виброактивности оборудования по опорным и неопорным связям.

Участники конференции считают целесообразным организацию периодических конференций по уменьшению шумности гидравлических систем, а также систем вентиляции и кондиционирования.

В. И. Попков,
председатель секции «Акустика в судостроении» Рос. НТО им. академика А. Н. Крылова

Л. А. Промыслов,
вице-президент Рос. НТО им. академика А. Н. Крылова

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А. С. Демурин, канд. техн. наук, тел. (812) 700 27 65,
(ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет»)

УДК 657:621.5

Композиционные материалы (КМ) широко используются в судостроении и машиностроении для изготовления втулок, вкладышей, подшипников скольжения, торцевых уплотнений и др., а также как элемент герметизации деталей, узлов и блоков приборов.

В качестве объекта исследования выбрана роликоопора ленточного конвейера из композитного материала как наиболее характерная деталь, испытывающая ударные, равномерно и неравномерно распределенные нагрузки, причем, как правило, знакопеременные. Естественно, предполагается, что полученные результаты могут быть использованы при разработке других деталей, представляющих собой тела вращения.

Известны методы расчета деталей из КМ, в которых исходят из общих принципов сопротивления материалов, теории упругости, с учетом действующих сил и свойств компонентов КМ, границ раздела фаз и структуры материала [1]. Недостатком таких методов является отсутствие внимания к сопрягаемым элементам рассчитываемой детали.

Анализ эксплуатационных условий роликоопор из КМ. Для получения информации о характере износа и ресурсе роликоопор из КМ проанализировано 100 роликоопор (Орского завода строительных машин), которые использовались на складах строительных материалов. Роликоопоры были изготовлены из древесно-пластических масс с содержанием 8—10% связующего из синтетических смол [2].

Измерения и исследования проводились по стандартным методикам.

Из результатов анализа следует, что в процессе трехмесячной эксплуатации в открытых атмосферных условиях в абразивной среде роликоопоры практически приходят в негодность — ремонту и восстановлению не подлежат. При этом в случае выхода из строя одного из подшипников создается аварийная ситуация: происходит несимметричный износ роликоопоры и, как следствие, изменяется динамика транспортировки груза. В процессе эксплуатации наружный диаметр $D_н$ уменьшается на 1,25% в зоне контакта и увеличивается на 1% вне этой зоны (последнее обусловлено насыщением материала водой); масса роликоопоры уменьшается на 2—4,1%; изменяется состояние поверхности — возникают микро- и макротрещины, разрушения, расслоения и волнистость поверхности; физико-механические свойства КМ снижаются приблизительно на 6—9%. Изменения всех конструктивных параметров не позволяют сделать однозначные прогнозные оценки, поэтому для выработки методики повышения надежности роликоопор из КМ необходимо выполнить комплекс расчетных и экспериментальных работ.

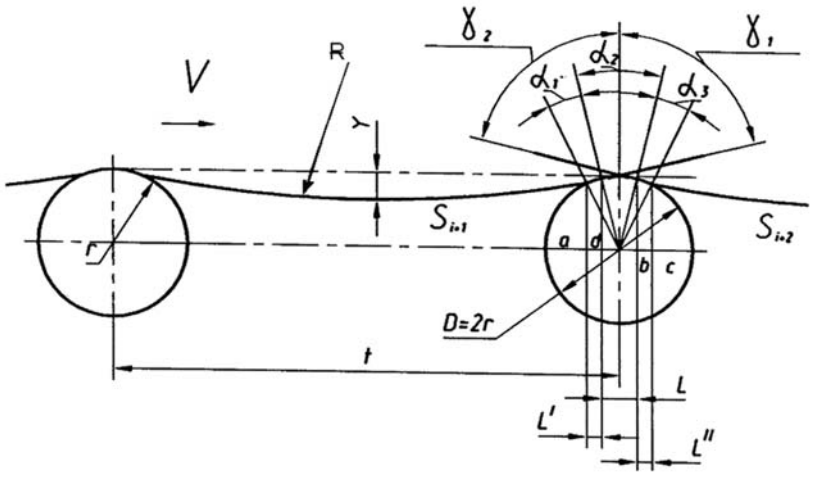


Рис. 1. **Расчетная схема определения радиуса кривизны транспортерной ленты и величины контактной площадки между роликоопорой из КМ и транспортерной лентой: *t* — шаг установки роликоопор; *y* — величина провисания транспортерной ленты; *R* — радиус кривизны провисания; S_i и S_{i+1} — усилия натяжения ленты (адаптировано по [4])**

Анализ взаимодействия вязкоупругой роликоопоры с транспортерной лентой. Из теории упругости для контактной задачи о качении вязкоупругого цилиндра по вязкоупругому основанию [3] известно, что при движении в зоне контакта возникает сила сопротивления, противодействующая этому движению. Одной из причин возникновения данной силы является относительное скольжение соприкасающихся поверхностей вследствие их деформации; другая не менее важная причина — несовершенная упругость реальных материалов. Как результат, происходит несимметричное распределение давления основания (транспортерной ленты) на цилиндр (корпус роликоопоры) в пределах контакта. Известно также, что основными параметрами, определяющими характер взаимодействия вязкоупругих поверхностей, являются длина площадки контакта и, в определенной степени, скорость и нагрузка.

Пользуясь известными уравнениями теории упругости, относящимися к задаче качения вязкоупругого цилиндра по вязкоупругому основанию, определим основной параметр (длину площадки контакта) применительно к рассматриваемому случаю.

Рассмотрим зону контакта (рис. 1). При определении параметров площадки контакта принято идеальное условие, исключающее провисание транспортерной ленты.

Известно уравнение, определяющее размеры площадок контакта [3]:

$$\left[P-\frac{L^2}{8kr}\right]\left[I_0\left(\frac{L}{2\beta\omega}\right)K_1\left(\frac{L}{2\alpha\omega}\right)+K_0\left(\frac{L}{2\alpha\omega}\right)I_1\left(\frac{L}{2\beta\omega}\right)\right]+ \quad (1)$$

$$+(\beta-\alpha)\frac{L}{2kr}I_1\left(\frac{L}{2\beta\omega}\right)K_1\left(\frac{L}{2\alpha\omega}\right)=0,$$

где $K_1(x)$ и $K_0(x)$ — цилиндрические функции мнимого аргумента; $I_1(x)$ $I_0(x)$ — Бесселевы функции от мнимого аргумента; ω — угловая скорость вращения ролика; P — нагрузка на ролик; r — радиус ролика; α и β — коэффициенты, характеризующие упругие свойства контактирующих материалов (в рассматриваемом случае $\alpha \approx \beta$); $K = 4(1 - \mu^2)/\pi E$; E — модуль упругости, μ — коэффициент Пуассона.

Учитывая, что $P = \sin\gamma(S_i + S_{i+1}e^{f\varphi ck})$, где S_i и S_{i+1} — натяжение ветвей; γ — угол между осью и ветвью; f — коэффициент трения скольжения; φ_{ck} — угол скольжения ($\varphi_{ck} = 0{,}74\varphi$ угла охвата ролика), что $\upsilon_л = \omega R$, где $\upsilon_л$ — скорость движения транспортерной ленты, а $\alpha \approx \beta$, получим следующее уравнение для определения ширины площадки контакта:

$$\left[(S_i + S_{i+1}e^{f\varphi ck})\sin\gamma - \frac{L^2}{8kr}\right] \times \tag{2}$$

$$\times \left[I_0\left(\frac{Lr}{2\beta\upsilon_1}\right)K_1\left(\frac{Lr}{2\beta\upsilon_л}\right) + K_0\left(\frac{L}{2\alpha\upsilon_л}\right)I_1\left(\frac{Lr}{2\beta\upsilon_k}\right)\right] = 0.$$

Решая уравнение (2) относительно L и принимая во внимание, что $I_0(x)K_1(x) + I_1(x)K_0(x) = x^{-1}$, получаем выражение, позволяющее определить ширину площадки контакта для принятого условия:

$$L = \sqrt{8kr(S_i + S_{i+1}e^{f\varphi ck})\sin\gamma}\ . \tag{3}$$

Учитывая соотношения в ленточном конвейере между шагом роликоопор, диаметром роликов, нагрузкой на ролик и ленты и величиной провисания транспортерной ленты, а также имея в виду, что ширина контактной площадки на участке определяется выражением [4]

$$L^1 = 4{,}512\sqrt{\frac{PRr\left(\dfrac{1-\mu_л^2}{E} + \dfrac{1-\mu_p^2}{E_p}\right)}{l(R+r)}}\ , \tag{4}$$

опуская промежуточные выкладки, получим выражение, определяющее суммарную длину площадки контакта:

$$L^* = \frac{A}{l}(1{,}092r + 0{,}018\sqrt{r} + 63),$$

где $A = (S_i + S_{i+1}e^{f\varphi ск})\sin\gamma$. (5)

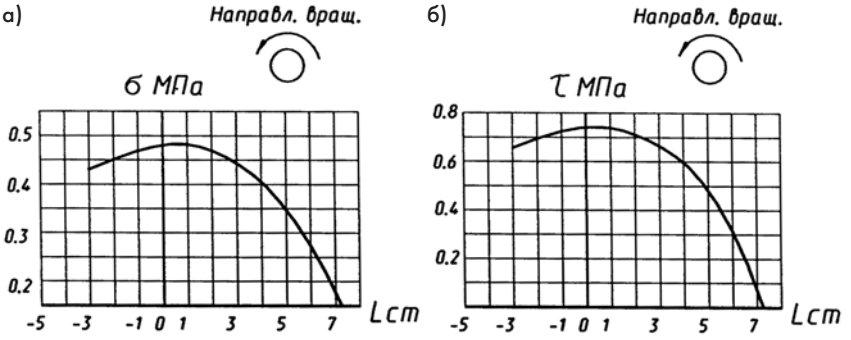


Рис. 2. **График распределения нормальных (*а*) и касательных (*б*) напряжений по длине площадки контакта [7]**

Решение уравнения (5) для различных условий транспортирования грузов показывает, что длина площадки контакта изменяется для принятых условий в пределах 1,2—2,2 см. Наиболее важный участок контакта определяется выражением (5), так как на этом участке наблюдаются максимальные напряжения.

Для определения давления и тангенциальных условий на площадке контакта ролика и транспортерной ленты воспользуемся уравнениями из работы [5] и с учетом принятых обозначений получим:

$$(\sigma_y)_{y=0} = \frac{1}{\pi\beta\upsilon_л}\exp\left(\frac{x}{\beta\upsilon_л}\right) \times$$

$$\times \int_{-a}^{x}\left[\frac{(a+b)^2}{8kr} + (t - \alpha\upsilon_л)(b - a - 2t) + p\right] \times$$

$$\times \frac{\exp\left(\dfrac{t}{\beta\upsilon_л}\right)dt}{\sqrt{(a+t)(b-t)}}\ . \tag{6}$$

Уравнением (6) определяется напряжение в любой точке на площадке контакта при $a < x < b$ [6].

Графики распределения нормальных (*а*) и касательных (*б*) напряжений по длине площадки контакта приведены на рис. 2 [7].

Из анализа приведенных графиков следует, что максимальные напряжения, как касательные, так и нормальные, несимметрично расположены по площадке контакта и при выходе транспортерной ленты из зоны контакта изменяется знак действующих напряжений, чем может объясняться локальное расслоение поверхностного слоя корпуса роликоопоры, наблюдавшееся при анализе износа роликоопор.

Кроме того, при средней скорости движения транспортерной ленты 1 м/с и максимальном диаметре ролика 102 мм частота изменения поля напряжения равна 3,18 Гц, а для скорости транспортерной ленты 3 м/с и максимального диаметра роликоопоры 62 мм частота изменения напряжений будет равна 5,15 Гц. Таким образом, имеет место пульсационный цикл со средней частотой 4,16 Гц.

Общее количество циклов нагружений до исчерпания ресурса за 3 мес опытной эксплуатации составляет $N_{рес} = 6 \cdot 10^6$, и хотя диапазон действующих нагрузок невелик, он на порядок ниже допустимых (см. рис. 2, *а*, *б*). Однако известно, что макроскопические напряжения подобного вида, носящие циклический характер, приводят к зарождению и развитию трещин, т. е. вызывают усталостное разрушение.

В рамках данной теории [8] предельно допустимый цикл нагрузок составляет $N = 10^4$, после чего происходит накопление необратимых механических изменений в материале. В рассматриваемом случае нагрузочный цикл превышает допустимый в 60 раз. Этим могут быть объяснены дефекты, обнаруженные в опытно-промышленной партии после трехмесячной эксплуатации.

Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния корпуса роликоопоры из КМ[1]. Для повышения надежности роликоопор ленточных конвейеров из КМ необходимо иметь развернутое представление о напряженно-деформированном состоянии (НДС) корпуса при действии различных видов нагрузок и при различных вариантах выполнения подшипниковых узлов.

Определение НДС роликоопоры, представляющей собой толсто-

[1] Методика и подробное изложение исследования приведены в [9].

стенную оболочку сложной формы, достаточно затруднительно как аналитическими, так и численными методами. Информация, полученная с помощью данных методов, не всегда отражает реальный характер НДС, поэтому границы их применения можно уточнить после сопоставления теоретических данных с экспериментальными. В связи с этим НДС роликоопор исследовалось экспериментально методом фотоупругости [10].

Модели роликоопор изготавливались из эпоксиполимера. Поскольку относительно опор в ленточном конвейере действуют симметричные нагрузки, то модели изготавливались со смешанными подшипниковыми узлами: с одной стороны — подшипник качения, с другой — скольжения (рис. 3). Модели нагружались сосредоточенной, равномерно распределенной и неравномерно распределенной нагрузками.

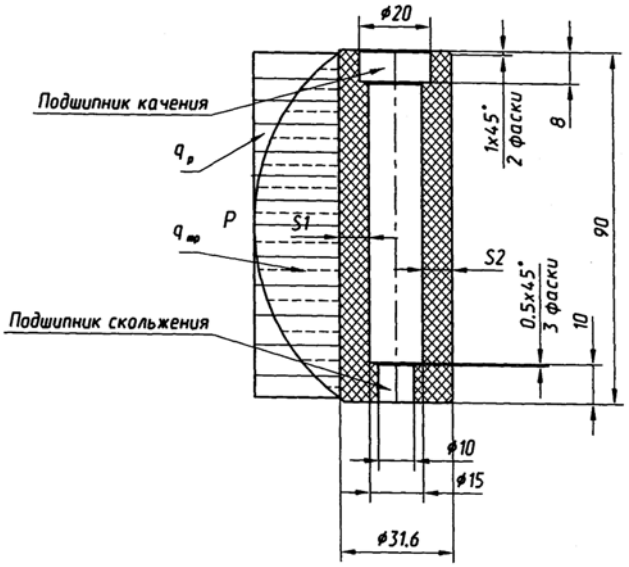


Рис. 3. **Модель роликоопоры и схемы нагружения (*P*, q_p, $q_{пр}$ — нагрузки, соответственно: сосредоточенная, равномерно и неравномерно распределенная)**

Компоненты напряженного состояния в цилиндрической системе координат и схема расположения сечений для численного интегрирования уравнении равновесия приведены на рис. 4; схемы сечений по подшипниковым узлам аналогичны приведенным и на рисунке не показаны.

В результате исследования установлено:

• для всех сечений характерны циклически изменяющиеся напряжения: знакопеременные нормальные σ_z, возникающие в сечении S_1—S_1 при действии любых из моделируемых нагрузок; такой же характер носит изменение напряжений σ_z и τ_{rz} по радиальным сечениям подшипниковых узлов при действии сосредоточенной и равномерно распределенной нагрузок — незнакопеременные напряжения σ_z в сечении S_2—S_2;

• напряжения в преобладающем большинстве сечений знакопеременные с асимметричным циклом; исключение составляют радиальные сечения подшипниковых узлов при действии неравномерно распределенной нагрузки и радиальные сечения подшипника скольжения при действии сосредоточенной нагрузки, при этом максимальные значения данных напряжений при действии сосредоточенной нагрузки в сечении S_1—S_1 имеют характер сжатия, а в сечении S_2—S_2 — растяжения; в радиальном сечении подшипника качения при действии неравномерно распределенной нагрузки сжимающие напряжения σ_r во всех рассмотренных случаях имеют однородный характер растяжения с максимальным значением;

• наиболее напряженными являются зоны подшипниковых узлов роликоопоры (здесь некоторые значения, характеризующие НДС, на порядок выше, чем в среднем сечении); особенно это относится к условиям действия распределенных нагрузок, кроме того, в этих зонах имеются и касательные напряжения τ_{rz}, действие которых в сочетании с нормальными напряжениями σ_z или σ_r, отрицательно сказывается на несущей способности КМ; коэффициент концентрации напряжений имеет максимальные значения при любых нагрузках, но при действии неравномерно распределенной нагрузки он достигает значения α_σ = 14,5;

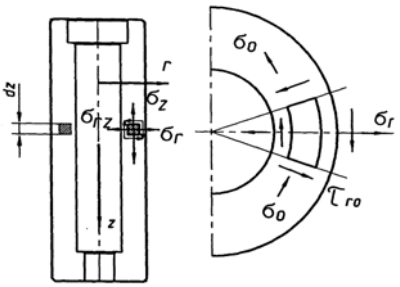


Рис. 4. **Компоненты напряженного состояния σ_z, σ_r σ_0, в цилиндрической системе координат: τ_{r0} — касательные напряжения; *r* — сечение по радиусу внутренней поверхности роликоопоры**

• область совместных действий нормальных и касательных напряжений σ_r и τ_{rz} обнаружена только в радиальном сечении подшипника скольжения при действии неравномерно распределенной нагрузки;

• минимальные значения амплитуды переменных напряжений имеют место при действии равномерно распределенной нагрузки в сечениях S_1—S_1 и S_2—S_2, в зонах подшипниковых узлов при действии сосредоточенной нагрузки;

• соотношение параметров НДС нагруженной и ненагруженной поверхности роликоопоры распределяется следующим образом: при действии распределенных нагрузок это соотношение равно 1,3; при действии сосредоточенной нагрузки — 3,9 с преобладанием растягивающих напряжений;

• наиболее напряженными зонами роликоопор являются зоны контакта подшипника скольжения и посадочной поверхности корпуса по внутреннему срезу (торцу) поверхности контакта [9].

Разработка композиционных и вязкоупругих роликоопор повышенного ресурса. Исходя из теоретического и экспериментального анализов прочности корпуса роликоопоры, с учетом НДС при действии знакопеременных нагрузок, представляется возможным разработать роликоопоры из композиционных и вязкоупругих материалов повышенной устойчивости к переменным напряжениям и агрессивной окружающей среде.

При проектировании деталей из вязкоупругих материалов, находящихся в сложном НДС, необходимо учитывать [11]:

✓ особенности воздействия нагрузок, влияющих на зависимости между напряжениями и деформациями, между напряжениями и скоростями приложения нагрузок, между прочностью, направлением волокон или расположением слоев, формирующих массив;

✓ особенности влияния окружающей среды и воздействия влаги, влияющей на зависимости между прочностью и влажностью материала, между влажностью и влагопоглощением, между влажностью и формостабильностью материала, между влажностью и износостойкостью;

✓ особенности изменения температуры и зависимости между температурой и коэффициентами линейного и объемного расширения материала, между температурой и прочностью материала, между температурой и теплофизическими свойствами материала.

В результате анализа НДС корпуса роликоопоры при действии различных видов нагрузок [9] определены наиболее перспективные направления повышения надежности, износостойкости и ресурса с учетом механики КМ: повышение формостабильности за счет создания в конструкции внутреннего напряжения, компенсирующего влияние реологического фактора на изменение структуры материала и взаимного расположения элементов конструкции; изготовление роликоопор из материала с переменным модулем упругости, что позволит повысить устойчивость роликоопор к воздействию переменных и динамических нагрузок.

Выводы.

1. Из анализа эксплуатационных условий роликоопор из КМ установлено, что характер износа корпуса не может однозначно трактоваться по существующим теоретическим концепциям.

2. Анализ взаимодействия вязкоупругой роликоопоры с транспортерной лентой с использованием теории упругости для контактной задачи о качении вязкоупругого цилиндра по вязкоупругому основанию позволил установить размер контактной площадки и наличие знакопеременных напряжений в зоне контакта с частотой изменения знака напряжений 5,15 Гц.

3. Экспериментальное исследование НДС корпуса роликоопоры из КМ с использованием метода фотоупругости и при использовании различных вариантах выполнения подшипниковых узлов корпуса роликопоры (качения и скольжения) и при действии различных нагрузок: сосредоточенной, равномерно и неравномерно распределенной — показали, что данный метод позволяет определять требования к изделию из КМ на стадии его разработки.

4. Полученные данные могут использоваться при разработке деталей машин из КМ.

Литература

1. *Канович М. З., Канович М. З., Трофимов Н. Н.* Сопротивление композиционных материалов. М.: Мир, 2004.
2. *Вигдорович А. И., Сагалаев Г. В., Поздняков А. А.* Древесные композиционные материалы в машиностроении: Справочник. М.: Машиностроение, 1991.
3. *Галин Л. А.* Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости: М.: Наука, 1980.
4. *Вайнсон А. А.* Подъемно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1975.
5. *Даревский В. М.* Определение перемещений и напряжений в цилиндрической оболочке при локальных нагрузках//Прочность и динамика авиационных двигателей. М.: Машиностроение, 1964. Вып. 1.
6. *Демурин А. С.* Методика и стенды для испытания вязкоупругих роликоопор ленточных конвейеров. ЦНИИ «Румб» ДР-2386. Л., 1986.
7. *Хантер* (*S. C. Hunter*). Контактная задача качения жесткого цилиндра по вязкоупругому полупространству//Тр. Амер. о-ва инженеров-механиков. Прикладная механика. 1961. Серия Е. Т. 28. № 4.
8. *Болотин В. В.* Объединенная модель разрушения композиционных материалов при длительно действующих нагрузках//Механика композиционных материалов. 1981. № 3.
9. *Демурин А. С.* Напряженно-деформированное состояние вязкоупругих роликоопор//Технология судостроения. 1988. № 2.
10. *Славин О. К. Трумбачев В. Ф., Тарабасов Н. Д.* Методы фотомеханики в машиностроении. М.: Машиностроение, 1983.
11. *Демурин А. С., Модин Н. А., Янтовский Л. И.* Способ изготовления корпусов конвейерных роликов. А. с. 1423408 СССР. B65 39/00, B25/00, 1988.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ 4 декабря Онежский судостроительный завод спустил на воду многоцелевой сухогрузный теплоход «Иван Кудрявцев» дедвейтом около 4500 т — четвертый в серии судов пр. DCV33.

✓ В ноябре ОАО «Электрокабель "Кольчугинский завод"» получило свидетельство о типовом одобрении Российского морского регистра судоходства на судовые кабели повышенной пожаробезопасности марок КГСРТнг-HF и КГСРТЭнг-HF (ТУ16.К01-56-2007).

✓ 30 ноября генеральным директором ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького» назначен Ренат Искандерович Мистахов, ранее работавший начальником Казанского отделения Горьковской железной дороги. Бывший генеральный директор Сергей Валерьевич Ильин, возглавлявший завод с 2004 г., избран председателем Совета директоров ОАО.

✓ ОАО «Вадан Ярдс Океан» (Николаев, Украина) подписало контракт с ООО СП «Нибулон» на постройку еще восьми сухогрузных барж, имеющих длину 90, ширину 16 и осадку 3,7 м (ранее было заказано 16 барж, из которых к декабрю сдали 12, еще четыре будут готовы в январе). Это — часть инвестиционного проекта стоимостью 150 млн дол., который осуществляет николаевская компания «Нибулон», включающего также сооружение семи зернохранилищ (элеваторов) и закупку 14 морских и речных буксиров.

✓ 2 декабря в состав флота ОАО «Совкомфлот» вошел танкер «СКФ Сургут» дедвейтом 157 300 т типа «Суэцмакс», построенный южнокорейской верфью Hyundai Heavy Industries.

✓ В соответствии с контрактом на 20 млн дол., заключенным в апреле 2007 г. между ФГУП «Рособоронэкспорт» и ОАО «Балтийский завод», в ноябре завод отгрузил второй комплект валопроводов для строящихся на индийских верфях эсминцев пр. 15-А. Поставка третьего аналогичного комплекта (два валопровода и два гребных винта) запланирована на декабрь 2010 г.

✓ В декабре буксир «Klasko-2» (пр. 16609), построенный ОАО ЛСЗ «Пелла», передан заказчику — литовской компании AB Klaipedos juru kroviniu kompanija.

✓ Итальянская компания Redaelli Tecna S. p. A., входящая в группу предприятий «Северсталь-метиз», ввела в эксплуатацию линию по производству стальных многопрядных некрутящихся канатов «Flexpack» с пластическим обжатием прядей, обладающих самой большой несущей способностью в мире (масса свыше 550 т, диаметр 175 мм). Такие канаты используются, например, для удержания морских нефтедобывающих платформ на точке бурения.

✓ Российский морской регистр судоходства опубликовал Правила классификации и постройки малых прогулочных судов (2009 г.). Они распространяются на суда с наибольшей длиной корпуса от 2,5 до 24 м включительно и пассажировместимостью не более 12 чел., а также на их составные части. Требования Правил применяются к судам, способным двигаться в водоизмещающем, переходном и/или глиссирующем режимах со скоростью менее 14 м/с независимо от мощности двигателей, а также к несамоходным и стоечным судам.

✓ 26 ноября на стапеле ОАО СЗ «Северная верфь» был заложен первый серийный фрегат пр. 22350 для ВМФ России. Ему присвоено наименование «Адмирал флота Касатонов». Корпус головного фрегата «Адмирал Флота Советского Союза Горшков», заложенного в 2006 г., сформирован, ведутся работы по изготовлению надстройки, монтажу оборудования.

✓ Ярославский судостроительный завод выиграл в ноябре конкурс на постройку для ФГУП «ГосНИИПП» скоростного катера типа «Ястреб» (пр. 12260).

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

19 октября в ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (бывш. ЦНИИТС) под председательством проф. В. Л. Александрова состоялось очередное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. На нем рассматривались следующие вопросы.

1. О проведении в Санкт-Петербурге в 2012 г. Всемирной морской технологической конференции (World Maritime Technology Conference — WMTC 2012), которая до этого проходила в Сан-Франциско (2003 г.), Лондоне (2006 г.) и Мумбаи (2009 г.). Об этом Международный морской технологический конгресс уведомил делегацию судостроителей России в Мумбаи, сообщил проректор СПбГМТУ К. В. Рождественский. Поскольку такая конференция касается не только судостроителей Санкт-Петербурга, Ассоциация, одобрив данное решение, рекомендует рассмотреть этот вопрос на ближайшем заседании Морской коллегии при Правительстве РФ.

2. О взаимодействии с Рабочей группой по судостроению Европейской организации экономического сотрудничества и развития доложил начальник управления НИОКР ОАО «ЦТСС» В. Ф. Рыманов. Речь идет о подготовленном этой организацией и представленном в Минэкономразвития докладе «Судостроительная промышленность России» для «внесения комментариев». Эта работа была поручена ЦТСС. Поскольку при анализе доклада выяснилось, что он базируется на материалах отечественных и зарубежных СМИ и не вполне соответствует действительности, генеральным директором ЦТСС проф. В. Д. Горбачем было принято решение, кроме комментариев, подготовить альтернативный вариант доклада. Согласившись с таким решением, Ассоциация обратилась к В. Л. Александрову, В. М. Пашину, А. Б. Фомичеву и С. Н. Фарафонову с просьбой представить свои замечания и предложения по докладу.

3. О проблемах проектирования и организации производства судовой арматуры рассказал директор КБ «Армас» (входит в ЦТСС) Ю. Н. Завьялов. Так, за последние годы число предприятий, проектирующих и изготавливающих судовую арматуру, сократилось с 10 до 4. Да и те загружены на 30—35%. Номенклатура выпускаемых изделий уменьшилась с 15 000 до 2000 видов. КБ «Армас» продолжает выпускать арматуру для кораблей и судов, осваивая применение материалов с повышенной прочностью и коррозионной стойкостью и занимаясь внедрением электроприводов к арматуре. Ассоциация рекомендовала КБ «Армас» выявить потребности ЦКБ-проектантов в судовой арматуре по номенклатуре и техническим характеристикам.

4. Результаты работ по инновационным проектам государственного значения «Металл» и «Магистраль», связанным с созданием широкого спектра хладостойких сталей и технологий их производства, — тема доклада докт. техн. наук Е. И. Хлусовой (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»). Разработанные перспективные стали и сварочные материалы, предназначены прежде всего для арктических районов (см. Судостроение. 2009. № 5. С. 11—43). Ассоциация рекомендует ЦКБ-проектантам совместно с ЦНИИ КМ «Прометей» проработать возможность применения разработанных хладостойких материалов в проектах новых кораблей и судов.

5. Актуальный вопрос поднял заместитель директора ОАО СЗ «Северная верфь» О. М. Бондарев. Он связан с необходимостью выработки согласованной позиции судостроительных предприятий Санкт-Петербурга и Ленобласти по размеру минимальной зарплаты для Координационного совета трехсторонней комиссии Санкт-Петербурга. Ассоциация считает необходимым при установлении минимальной зарплаты руководствоваться требованиями Федерального закона № 54ФЗ от 20.04.2005 г., где указано, что этот размер определяется с учетом компенсационных и стимулирующих выплат. Собрание поддерживает позицию Союза промышленников и предпринимателей в трехсторонней комиссии по этому вопросу, т. е. «установить в Санкт-Петербурге размер минимальной зарплаты с 1 января 2010 г. в размере 7200 руб. с учетом компенсационных и стимулирующих выплат».

6. Рассмотрев заявление ОАО «Пролетарский завод» о вступлении в Ассоциацию, которое представил заместитель генерального директора В. А. Богач, собрание единогласно приняло это ведущее в области судового машиностроения предприятие в члены Ассоциации.

На собрании выступила ответственный секретарь Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, призвав членов Ассоциации активно участвовать в мероприятиях совета по привлечению молодежи в морские и судостроительные профессии, в том числе пополнять региональный общественный фонд «Морской Петербург», средства которого идут на финансирование еженедельной телепрограммы «Морские вести», месячника профориентации, конкурса мастерства среди учащихся морских училищ и колледжей города, всероссийского конкурса по стендовому судомоделизму и т. д.

ЮБИЛЕЙНАЯ «НЕВА-2009»

22—25 сентября 2009 г. в Санкт-Петербурге прошла десятая юбилейная международная выставка по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «Нева-2009», организованная «Ленэкспо», Dolphin Exhibitions и «Транстек Нева Эксибишнс». Впервые эта выставка, сопровождаемая научно-практическими конференциями, состоялась в 1991 г. по инициативе Минсудпрома и Минморфлота СССР. С тех пор организуемая каждые два года экспозиция в живописной гавани Васильевского острова привлекает все большее внимание специалистов. Сейчас «Нева» по праву входит в четверку самых известных морских выставок в мире. Ее популярности не помешал даже кризис — в выставке приняло участие более 600 компаний (из 37 стран), разместившихся на площади 21 700 м^2, включая 13 национальных экспозиций.

Министр транспорта И. Е. Левитин и губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко открывают выставку «Нева-2009»

Среди представленных на выставке компаний — Aalborg Industry, ABB, Адмиралтейские верфи, Aker Arctic Technology, AVEVA, Baltija Shipyard, China International Ship Industry Association, ОСК, ОПК, ЦНИИ КМ «Прометей», Центр технологии судостроения и судоремонта (ЦТСС), Danish Marine Group, ESAB, German Shipbuilding and Ocean Industries Association, Gaztransport & Technigaz, Holland Marine Equipment, IHC Merwede, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, Lisnave, MAN Diesel, Группа МНП, Rolls-Royce, ЦС «Звездочка», Schottel, Sener, Совкомфлот, STX Europe, Трансмашхолдинг, Валком, Тритмэнт, Nordic Yards (бывш. Wadan Yards), Wärtsilä и др.

Национальные экспозиции организовали: Германия, Дания, Испания, Нидерланды, Румыния, Хорватия, Китай и др.

Выставка и конференция «Нева-2009» проходили под эгидой Морской коллегии при Правительстве РФ под патронажем Министерства транспорта РФ и при поддержке Департамента судостроения и морской техники Минпромторга, ОСК и др. Постановлением Правительства Санкт-Петербурга «Нева-2009» была включена в перечень приоритетных выставочных мероприятий. Ведь она на деле обеспечивает демонстрацию и продвижение продукции и возможностей судостроительной промышленности, морского сектора экономики страны на Мировой рынок, укрепляет международные связи, повышает авторитет Санкт-Петербурга как морской столицы России.

ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (до января 2009 г. — ФГУП ЦНИИТС) отметил на выставке свое 70-летие

Поэтому не случайно тематика выставки, ориентированная прежде всего на гражданскую продукцию, охватывает широкий круг вопросов — от собственно судостроения, судоходства и портового хозяйства до проблем освоения океанского шельфа, в том числе в особо сложных условиях Арктики. Интеграционные процессы, проходящие в судостроительной промышленности, нашли отражение и в экспозиции, где ряд известных верфей, КБ и НИИ выступали в составе Объединенной судостроительной корпорации, Дальневосточного центра судостроения и судоремонта, Объединенной промышленной корпорации, групп компаний «Морские нефтегазовые проекты» и «Каспийская энергия» и др.

На выставке Объединенная судостроительная корпорация и Хорватская судостроительная корпорация (Hrvatska brodogradnja — Jadranbrod d. d.) подписали меморандум о сотрудничестве в области гражданского судостроения. Основа для деловых связей — более 200 судов, построенных на хорватских верфях для

СССР, и 41 судно суммарным дедвейтом 1 580 000 т и общей стоимостью более 1 млрд дол., поставленное в Россию с 1993 г.

В рамках выставки состоялась 2-я Международная арктическая конференция, на которой рассматривались вопросы, связанные с освоением шельфа северных морей, использованием Северного морского пути, безопасностью арктических перевозок, защитой окружающей среды и др. Десятая международная конференция «Российское судостроение и судоходство, деятельность портов, освоение океана и шельфа», в организации которой приняли участие ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова» и ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», включала в себя такие темы, как перспективы развития российского гражданского судостроения и торгового мореплавания, поддержка операций на морском шельфе, технология судостроения и судоремонта. Инженерный клуб Санкт-Петербурга провел круглый стол «Современные тенденции корпоративного управления судостроительными предприятиями». По инициативе ООО «Ост-Вест Марин Сервис» состоялся круглый стол с участием российских (ОАО «ЦТСС», ОАО «Северное ПКБ», ООО «Обуховское» и др.) и иностранных (Blohm + Voss Industries, Bohnhoff, Ned-Deck Marine и др.) компаний. Обсуждались перспективы создания совместных предприятий на территории России по производству судового оборудования как возможные пути восстановления и развития этой подотрасли отечественного судостроения (см. также «Судостроение», 2009 г., № 4, с. 55—56; в данном номере — статью на с. 50—53).

На конференции «Российское судостроение и судоходство, деятельность портов, освоение океана и шельфа». Техническая сессия «Технология судостроения и судоремонта»: председатель — докт. техн. наук, профессор В. Д. Горбач (ОАО «ЦТСС»), сопредседатель — докт. техн. наук, профессор В. Л. Маслов (ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»). Выступает генеральный директор ОАО «Армалит-1» А. В. Кузнецов

С участием Союза российских судовладельцев и газеты «Морские вести» прошел круглый стол «Отечественная грузовая база — стратегическая составляющая развития национального торгового флота». Совместный круглый стол судостроителей России и Европейского союза прошел с участием Ассоциации европейских судостроителей. Генеральным медиапартнером выставки ИАА «Порт Ньюс» была организована конференция на тему «За кризисной чертой. Новые векторы развития водного транспорта».

На выставке «Нева-2009» состоялась официальная церемония открытия Голландского морского дома в России — Holland Marine House Russia, разместившегося на Васильевском острове Санкт-Петербурга. Судостроительные связи Голландии и России имеют давние корни, еще со времен Петра Великого. Голландский морской дом призван реализовать весь существующий потенциал для развития двустороннего сотрудничества двух стран в морской сфере.

XLIII КРЫЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

20—21 октября 2009 г. секцией мореходных качеств судов ЦП НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова совместно с ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова» была проведена в Санкт-Петербурге научно-техническая конференция «Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа» (XLIII Крыловские чтения). Целью конференции являлось обсуждение научных разработок и проблем, связанных с прогнозированием и оценкой ходкости и мореходных качеств судов, оценкой ледопроходимости и ледовых нагрузок, освоением шельфа, а также исследованием морской среды и экологии.

В работе конференции приняли участие более 70 человек, в том числе 15 докторов и 26 кандидатов наук из Санкт-Петербурга, Москвы, Калининграда, Новосибирска, Нижнего Новгорода, Южно-Сахалинска, которые являлись представителями различных организаций и предприятий (НИИ, КБ, вузы). На заседаниях было заслушано и обсуждено 42 доклада. Издан сборник докладов конференции (объем 156 с.).

На пленарном заседании были заслушаны доклады М. П. Лобачева «Масштабный эффект в задачах судостроения — современное состояние проблемы» и Ю. В. Разумеенко, А. В. Родионова и А. В. Ейбоженко «Новые морские технологии существенного повышения волностойкости и мореходности морских объектов различного назначения». Первый доклад был посвящен обзору современных методов учета масштабного эффекта на основе применения методов вычислительной гидродинамики. Автор привел большое количество примеров из различных областей теории корабля, в которых благодаря расчетным методам эффективно решается проблема масштабного эффекта. Во втором докладе были представлены разработки, выполненные специалистами ВМИИ, в которых излагается уточненный подход к определению силового воздействия морских волн конечной амплитуды на стационарно стоящие на опорах и свободно

плавающие морские объекты. В докладе были приведены некоторые технические решения по обеспечению безопасных режимов движения подводных объектов в поле внутренних волн и созданию волностойких архитектурных форм буев, платформ, судоподъемных средств и др.

Работа конференции проходила в четырех секциях: «Сопротивление воды движению и ходкость судов» — этой секцией руководили И. А. Чичерин и А. Ш. Ачкинадзе; «Мореходность и управляемость судов» — руководитель И. К. Бородай; «Морская ледотехника и освоение шельфа» — руководитель К. Е. Сазонов; «Модели морской среды и экологии» — руководитель Н. А. Скопин. Все представленные доклады вызывали интерес, после каждого доклада возникала оживленная дискуссия.

На заключительном заседании были подведены итоги конференции и по традиции вручены премии им. академика А. Н. Крылова. В 2009 г. конкурсная комиссия во главе с докт. техн. наук, проф. И. К. Бородаем присудила шесть премий.

Диплом I степени и денежная премия вручены В. О. Борусевичу, А. А. Русецкому и И. А. Соловьеву за монографию «Современные гидродинамические лаборатории».

Дипломы II степени и денежные премии вручены В. Н. Храмушину (Южно-Сахалинск) за работу «Проектно-технические решения для достижения наилучших мореходных качеств судов в штормовых условиях» и коллективу авторов (А. В. Пустошному, А. А. Русецкому, В. А. Мацкевичу, А. В. Сверчкову и М. А. Мавлюдову) за работу «Основные направления улучшения гидродинамических характеристик речных судов».

Дипломы III степени и денежные премии вручены коллективу авторов (С. О. Рождественскому, В. Н. Аносову, Т. А. Дьяковой и А. Б. Лукашенко) за работу «Расчет аэрогидродинамических характеристик натурного экраноплана на тихой воде и волнении с учетом влияния ветра и аэродинамических масштабных эффектов», а также В. Г. Платонову и молодому специалисту В. В. Магаровскому за работу «Исследование мореходности универсального атомного ледокола».

В качестве поощрения молодого специалиста дополнительный диплом III степени и денежная премия вручены аспиранту СПбГМТУ А. А. Зубовой за работу «Моделирование движения объектов вблизи свободной поверхности с помощью VOF модели расчетного комплекса FLUENT».

Очередную конференцию XLIV Крыловские чтения планируется провести в 2011 г.

К. Е. Сазонов,
докт. техн. наук,
начальник сектора ЦНИИ
им. академика А. Н. Крылова,
председатель оргкомитета
конференции

К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ М. Г. РУСАНОВА

Михаил Георгиевич Русанов — главный конструктор СПМБМ «Малахит» (в прошлом СКБ-143), создатель комплексно-автоматизированной высокоскоростной атомной подводной лодки (АПЛ) малого водоизмещения с сокращенным экипажем пр. 705 (705К). Эти корабли проектировались и затем строились на Ново-Адмиралтейском заводе (пр. 705) и на Севмашпредприятии (пр. 705К).

Благодаря созданию для этой АПЛ первой в мире интегрированной боевой информационно-управляющей системы, представляющей рекомендации командиру по оптимальному управлению корабля, стало возможным сокращение личного состава.

Одной из перспективных, устремленных в будущее технологий АПЛ пр. 705 была реакторная установка с жидкометаллическим теплоносителем в I контуре. А реализация оригинальной идеи, направленной на спасение всего личного состава АПЛ, позволяла экипажу перейти из центрального поста в спасательную камеру и всплыть на

М. Г. Русанов (1909—1986)

поверхность с предельной глубины погружения. Это решение до сих пор не реализовано ни на одном из последующих проектов АПЛ. Корабли пр. 705 и 705К обеспечили и качественный скачок в автоматизации процессов управления кораблем, касающихся ходкости, управляемости, энергетики, оружия и др.

М. Г. Русанов родился 21 ноября 1909 г. в Санкт-Петербурге в семье рабочего Невской пригородной железной дороги. Вспоминая, как у него возникло стремление к корабельному делу, Русанов пишет: «В школе меня интересовали паровозы, самолеты, автомобили и пароходы. Паровозами мы любовались на станциях Обухово и Сортировочная, они были частью нашего быта. Паровозы мы любили, а недосягаемые пароходы восхищали и волновали нас! Кораблестроение меня увлекло после окончания школы, и я решил идти на кораблестроительный факультет Политехнического института. Это было время, когда в институты пошли люди, воевавшие в гражданскую войну, прошедшие школу производства. Конкурс был большой, но я почувствовал, что, даже сдав экзамен, принят не буду. Так оно и случилось. Не помогло и мое депутатство (в 18 лет Русанов был избран депутатом райсовета). Чтобы попасть в институт, надо было идти к станку».

Из-за безработицы Русанов поступил слесарем на завод «Большевик» только в 1929 г. и проработал

АПЛ пр. 705 в походе

там до 1932 г. В этом же году он поступил в Ленинградский кораблестроительный институт и окончил его в 1936 г. вместе с будущим министром судпрома Б. Е. Бутомой. Поступив после окончания института по распределению в ЦКБ-18 (ныне ЦКБ МТ «Рубин»), где он работал еще в студенческие годы, Михаил Георгиевич вскоре стал начальником сектора корпусного отдела. Войну Русанов встретил секретарем парткома, и значительная часть дел по эвакуации бюро в Горький легла на его плечи. Прошли нелегкие военные годы конструкторского труда в Горьком с командировками на базы ВМФ. Росло признание Русанова как инженера-кораблестроителя.

Близилось окончание войны. Конструкторы-подводники собирались обратно в Ленинград. В день отъезда 2 апреля 1945 г. по дороге на вокзал М. Г. Русанов был арестован.

«После более чем двух суток непрерывных допросов в различных кабинетах Горьковского КГБ, где от меня с угрозами требовали признания в шпионской, вредительской и контрреволюционной деятельности, мне были прочитаны показания сослуживца, клеймящие меня, как злейшего врага народа».

После вынесения приговора были месяцы пересылок из одной тюрьмы в другую. Через год Михаил Георгиевич оказался в конструкторском бюро системы КГБ для заключенных, которое находилось на четвертом этаже здания Адмиралтейского завода, где и сегодня размещается заводское конструкторское бюро. Там жили и работали.

Работая в заключении, М. Г. Русанов выступил с предложениями по новым проектам кораблей и их энергетических установок. Два его предложения постановлением СМ СССР были утверждены к реализации, в том числе гидрореактивный двигатель для ускорения хода подводных лодок. Постановлением выделялось 5 млн руб. и было указано, что работы должны производиться с участием автора (который оставался в тюрьме).

Семь лет заключения закончились 4 апреля 1952 г. Оставалось три года лишения прав с ограничением места жительства.

Получив свободу, Русанов бросается домой — ему позволено 24 часа пробыть в Ленинграде. И тут его настигает еще один страшный удар — жена не принимает «врага народа», требует, чтобы он немедленно ушел, грозя вызвать милицию. В такой ситуации выбор места для ссылки был сделан наобум — 101-й километр, Малая Вишера. Там Русанов устроился на работу в артель «Энергия», занимающуюся изготовлением пуговиц, затем в течение года работал на Свирской судоверфи и в конце декабря 1953 г. получил направление в ЦКБ, в город Горький.

Вскоре постановлением Президиума Верховного суда РСФСР Русанов был реабилитирован. Это придало ему новые силы. Михаил Георгиевич обращается с просьбой о трудоустройстве к начальнику СКБ-143 В. Н. Перегудову и после согласования его назначения с министерством 2 октября 1956 г. приступает к работе. В бюро Русанов сначала работал заместителем главного конструктора по АПЛ пр. 645, затем по АПЛ пр. 627А; в 1958 г. его назначают главным конструктором АПЛ пр. 653, который вскоре был закрыт в связи с прекращением работ по крылатой ракете П-20, предназначавшейся для вооружения этого корабля.

Одновременно министерство начало торопить бюро с развертыванием работ по перспективной АПЛ пр. 705, и после соответствующих согласований М. Г. Русанову в 1961 г. было предложено возглавить работы по новому проекту. Михаил Георгиевич — человек энергичный, эрудированный, целеустремленный, бесстрашный в принятии неординарных конструкторских решений, непобедимый в технической полемике — был выбран на эту роль исключительно удачно. АПЛ пр. 705 стала вершиной его творческого взлета. Русанов сумел подобрать и сделать своими убежденными единомышленниками специалистов группы главного конструктора (ГГК) и направить их творческие и жизненные силы на достижение цели. Он сумел сделать такими же единоверцами практически всех конструкторов бюро, заразить своей одержимостью специалистов других предприятий, научных работников, офицеров ВМФ. Всеми овладела мечта «утереть нос американцам». Не случайно М. Г. Русанов получает государственные награды — орден Трудового Красного Знамени (1963 г.), медаль «За доблестный труд» (1970 г.) и орден Ленина (1981 г.).

Установленный М. Г. Русановым порядок работы в группе требовал, чтобы все предложения конструкторских отделов рассматривались прежде всего в ГГК. Очень часто постановка самих проблем и предлагаемые решения зарождались в группе. Русанов полностью доверял своим заместителям, полагался на правильность их решений, но тем не менее требовал, чтобы основные решения доводились до сведения всей ГГК. «Если этого не делать, — говорил он, — вы будете строить каждый свой корабль, а корабль-то один». В свою очередь, он всегда информировал конструкторов ГГК не только о принимаемых им решениях, но и о внешней обстановке, складывающейся вокруг проекта. А обстановка не всегда была безоблачной.

Русанов никогда не опускался до мелочной опеки своих сотрудников, наоборот, он давал значительную самостоятельность, поощрял всякое проявление творческой инициативы, доверял, и его не подводи-

ли. Он был выдающимся главным конструктором с блестящей инженерной интуицией и обширными знаниями. Всем этим он делился с группой, учил, ничего не придерживая при себе, на всякий случай. Он помогал постигать сам подход к сложнейшему делу проектирования подводного корабля такого уровня, давал возможность видеть главное и отличать его от второстепенного, уметь «стоять насмерть» на технических позициях, в которых был глубоко убежден, искать и находить решения в, казалось бы, безнадежных ситуациях и выходить из них с малыми потерями, идти на компромиссы, когда нет иного пути. Он строго обозначил круг вопросов, в которых он, как главный конструктор, должен был все видеть и знать до мелочей. Было то, что принадлежало только «кесарю», например состояние весовой нагрузки по кораблю.

Решительность Русанова в принятии смелых, нетрадиционных технических решений отнюдь не означала, что они не стоили ему мучительных раздумий и бессонных ночей, но он не осторожничал, как мог бы вести себя человек, имеющий за плечами такой тяжелый жизненный опыт.

Шли годы тяжелейшей работы на проектом — ведь в корабле все было новым: от колбасорезки до энергоустановки. Это были годы непрерывного поиска решений, тяжелых и длительных споров и согласований. Все корабельное оборудование и отдельные системы АПЛ (электроэнергетическая система, автоматизированные комплексы, блок паротурбинной установки, комплекс оружия и др.) требовали отработки на специальных стендах. Атомная паропроизводящая установка с реактором на жидкометаллическом теплоносителе на стенде так и не была отработана.

Создававший опытную АПЛ пр. 705 Ново-Адмиралтейский завод, строивший до этого только дизельный подводные лодки, требовал серьезнейшей модернизации. Поэтому случались неизбежные в таком деле переделки проектной документации. Были поломки и аварии при строительстве и испытаниях. Все это требовало времени, и за все ответственность нес Русанов, даже за ошибки завода. А правительство и ЦК КПСС торопили с созданием перспективного корабля. Он Русанову давался не просто. Итог предельного напряжения сил — тяжелый инфаркт.

В технических спорах и особенно при отстаивании идеологии корабля Русанов не взирал на должности и звания оппонентов, а это обычно не прощается. Он признавал только силу логики и знание дела. Корабли Русанова с самого начала шли поперек того направления, по которому двигалось все остальное подводное кораблестроение. Трудные вопросы, которые бесконечно ставил своим проектом Михаил Георгиевич, необходимо было решать и решать, а это многих раздражало. Он никогда не уступал, если дело касалось его технической убежденности, бывал резок. После таких споров Михаил Георгиевич нередко повторял: «Я знаю, что обречен — меня снимут, это вопрос времени». Приказ министра об освобождении его от должности главного конструктора появился в сентябре 1975 г. Он продолжал работать в бюро научным сотрудником. Русанова отправили на пенсию по состоянию здоровья в июле 1986 г., смягчив это решение привилегиями персональной пенсии республиканского значения. Умер М. Г. Русанов10 ноября 1986 г.

Б. В. Григорьев,
ветеран СПМБМ «Малахит»

КОНФЕРЕНЦИЯ «ИММОД-2009»

21—23 октября в Доме ученых им. М. Горького в Санкт-Петербурге прошла четвертая научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» — ИММОД-2009, организованная Центром технологии судостроения и судоремонта и Институтом информатики и автоматизации РАН (Санкт-Петербург).

Интерес к этой теме подтверждает состав участников, превративший конференцию из всероссийской в международную. На нее прибыли представители 129 организаций, предприятий, фирм и вузов из России (из 49 городов), Украины, Беларуси, Казахстана, Болгарии, Вьетнама, Латвии и Германии.

Генеральный спонсор конференции — ООО «Экс Джей Технолоджис» (XJ Technologies), Санкт-Петербург; спонсоры — Отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН, Москва; Российский фонд фундаментальных исследований, Москва; ООО «Эллина-Компьютер», Казань; ООО «Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвер (РУ)», Москва.

Научная программа конференции, на которой было сделано 137 докладов, включала следующие темы: теоретические основы и методология имитационного моделирования (ИМ); методы оценки качества моделей; методы и системы распределенного ИМ; моделирование глобальных процессов; средства автоматизации и визуализации ИМ; системная динамика с наличием имитационной составляющей; практическое применение ИМ и инструментальных средств автоматизации ИМ, принятие решений по результатам ИМ; ИМ в процессе обучения.

Работа конференции проходила в трех секциях, которые рассматривали теоретические основы, средства автоматизации и визуализации, практическое применение ИМ. К началу конференции был издан сборник докладов в двух томах (*см. www.gpss.ru*).

В заключительный день в ходе общей дискуссии обсуждались, в частности, проблемы продвижения методов ИМ в отечественной промышленности. Особенно актуально ИМ при создании новых объектов, требующих больших инвестиций, например, в судостроительной промышленности — при проработке проектов новых верфей, модернизации существующих производств. Моделирование процессов на будущих объектах в значительной степени позволяет избежать возможных проектных ошибок и оптимизировать принимаемые решения.

К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н. И. КВАШИ

8 декабря 2009 г. исполнилось бы 80 лет со дня рождения генерального конструктора атомных подводных лодок (АПЛ) Героя России, лауреата премии Правительства РФ Николая Иосифовича Кваши.

Вся его творческая жизнь связана с созданием подводных лодок (ПЛ) и подводных аппаратов для нашего флота. Работая главным инженером ЦКБ «Лазурит», Николай Иосифович принимает самое активное, творческое участие в создании всех ПЛ, проектировавшихся в бюро (пр. 633, 665, 690, 940), а также ПЛ с энергетикой на основе электрохимических генераторов (ЭХГ) и в создании ПЛ с двумя энергическими установками — атомной и дизель-электрической, где он был главным конструктором. Нужно отметить, что большинство этих кораблей — оригинальные разработки конструкторов ЦКБ.

Самым выдающимся достижением Н. И. Кваши стало создание многоцелевой АПЛ III поколения «Барракуда» (пр. 945) и ее модификаций — АПЛ пр. 945М (с увеличенной глубиной погружения) и АПЛ пр. 945А и 945АБ (с повышенной скрытностью).

От идеи зарождения новой многоцелевой АПЛ до сдачи ВМФ последней лодки серии Николай Иосифович провел корабль сквозь череду конкурсов при проектировании, подготовку производства и строительство на заводе, а также государственные испытания. Благодаря его исключительной эрудиции и безграничной энергии удалось преодолеть все трудности при создании корабля, что было отмечено самыми высокими флотскими инстанциями.

В конце 60-х — начале 80-х годов минувшего столетия, когда уверенно входили в строй АПЛ II поколения всех модификаций, а на горизонте уже замаячили АПЛ III поколения, у нашей страны благодаря достижениям отечественной науки и техники появилась реальная возможность создавать АПЛ, превосходящие по своим качествам АПЛ вероятного противника.

За несколько лет до выхода Постановления ЦК КПСС и СМ СССР о разработке серийных АПЛ III поколения (1969 г.) умами ученых-кораблестроителей овладела идея создания глубоководной, высокоскоростной и бесшумной АПЛ. Так как в одном корабле все эти качества одновременно реализовать было проблематично, решили построить три опытные АПЛ, каждая из которых решала бы одну из этих задач. В результате по тактико-техническим заданиям (ТТЗ), выданным ВМФ, стали разрабатываться проекты глубоководной АПЛ (пр. 685) в «Рубине», высокоскоростной (пр. 696) и малошумной (пр. 991) в «Малахите». Самой сложной задачей для нашей науки и промышленности стало создание малошумной АПЛ (пр. 991).

Н. И. Кваша (1929—2007)

Работы по этим проектам в Минсудпроме носили исследовательский характер и на 5—6 лет предшествовали разработке АПЛ III поколения. Их результат известен — построена глубоководная АПЛ пр. 685, по глубине погружения превосходящая АПЛ II поколения в 2,5 раза.

Атомная подводная лодка пр. 945 «Барракуда»

Однако в создании малошумной АПЛ пр. 991 аналогичных успехов достичь не удалось. Более того, ее эскизный проект к 1974 г. так и не был утвержден Главнокомандующим ВМФ. Вставал вопрос: кто сможет решить эту задачу?

В это время Н. И. Кваша работал в качестве главного конструктора многоцелевой АПЛ пр. 945, которая планировалась для многосерийной постройки. Ему удалось убедить Главнокомандующего ВМФ и министра судостроительной промышленности, что именно в проекте 945 будут реализованы все возможные решения по снижению шума АПЛ. В результате самоотверженной работы ему удалось выполнить свои обещания — в момент сдачи головной АПЛ пр. 945 она была самой малошумной.

Помимо этого в проекте был применен еще ряд смелых решений, сделавших «Барракуду» заметным шагом вперед по сравнению с отечественными торпедными АПЛ II поколения и их зарубежными собратьями.

В первую очередь это относится к комплексу торпедно-ракетного вооружения, включавшему 4 торпедных аппарата калибром 650 мм и 4 — калибром 533 мм при 40 ед. боезапаса. Беспрецедентный по своей мощи, этот комплекс повторен на АПЛ типа «Барс» (пр. 971). Кроме сильного вооружения на «Барракуде» установили новейшие тогда гидроакустический и навигационный комплексы.

Еще при замысле корабля и на всех этапах его проектирования главным конструктором был взят курс на строительство АПЛ в титановом корпусе. Флот настаивал на стальном варианте корпуса с целью унификации корпусного материала и оборудования с АПЛ пр. 949, шедшей при проектировании ПЛ III поколения впереди «Барракуды», что и было отражено в ТТЗ на проект 945. Но при этом не учли, что к АПЛ пр. 945 будут предъявляться сверхжесткие требования по массогабаритным характеристи-

кам, так как она планировалась к строительству на «внутреннем» заводе — «Красное Сормово» и должна была иметь возможность передислокации к месту сдачи и последующей достройки. Применение титанового сплава как корпусного материала позволило добиться существенного уменьшения водоизмещения АПЛ и разместить все вооружение и оборудование в объеме, который при этом тоже заметно уменьшился по сравнению со стальным вариантом, — в этом сказались техническая эрудиция Николая Иосифовича и его талант «мастера доброй пропорции».

Необходимость строительства корабля в титановом корпусе поставила завод перед колоссальной проблемой — перестройки производства. И это было сделано.

В результате самоотверженного труда конструкторов ЦКБ, инженеров и рабочих завода, после длительных государственных испытаний «Барракуда» вступила в строй. На тот момент она имела лучшие в мире показатели по большинству своих тактико-технических элементов. В этом, несомненно, заслуга всего коллектива ЦКБ и завода, но в первую очередь заслуга главного конструктора «Барракуды» Николая Иосифовича Кваши, имя которого вправе занять достойное место в ряду выдающихся конструкторов подводных лодок в нашей стране.

И. П. Богаченко,
главный наблюдающий ВМФ
за разработкой АПЛ пр. 945
и его модификаций,
член секции истории судостроения
при ЦП РосНТО судостроителей
им. академика А. Н. Крылова

НОВЫЕ КНИГИ

Логачев С. И., Чугунов В. В., Горин Е. А. Мировое судостроение. Современное состояние и перспективы развития. СПб.: МорВест, 2009. 544 с.: ил. ISBN 978-5-903457-01-4.

Это второе, дополненное и переработанное издание (первое было выпущено издательством «Судостроение» в 2001 г.) В книге, изданной при финансовой поддержке ОАО «Концерн НПО "Аврора"», обобщены результаты исследований по прогнозированию конъюнктуры рынка судостроительной продукции, проанализировано судостроение в мире и отдельных странах. Рассмотрены особенности финансирования судостроения и необходимость его государственной поддержки. Основные разделы книги: морская торговля, транспортный флот и судостроение; анализ потребности Мирового рынка в судах; характеристики конкурентоспособных судов; мировая судостроительная промышленность и тенденции ее развития; экономические и финансовые аспекты строительства судов; судостроение России. Книга предназначена для специалистов судостроительной отрасли и студентов кораблестроительных вузов.

Российская судостроительная промышленность. М.: ООО «Военный Парад», 2008. 568 с.: ил. ISBN 9768-5-902975-16-8.

В этой богато иллюстрированной научно-популярной книге, редакционный совет которой возглавил научный руководитель — директор ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова», академик В. М. Пашин, на основе архивных материалов рассказывается об истории отечественной судостроительной отрасли со времен Киевской Руси и до наших дней. Приводятся сведения о кораблях, подводных лодках, судах и плавсредствах гражданского флота. Показана роль науки в развитии судостроения. Размещены материалы об основных предприятиях отрасли. В книге, предназначенной для специалистов и широкого круга читателей, интересующихся судостроением, использованы материалы Ю. И. Александрова, А. В. Карпенко, А. И. Гайковича, Л. А. Межеричера; фотоматериалы В. П. Алдакушкина, А. А. Беляева, Е. Ю. Булакевича, Ю. А. Пахомова, А. Н. Хаустова, Л. Е. Якутина, а также из архивов журналов «Военный парад», «Морской сборник», «Судостроение» и предоставленные предприятиями.

Мурко В. В. Записки директора. М.: Московская типография № 2, 2008. 536 с.: ил. ISBN 978-5-86472-187-2.

В своих «Записках директора» автор, инженер-кораблестроитель Валентин Васильевич Мурко, охватывает большой период строительства, ремонта и модернизации атомных подводных лодок и крупных надводных кораблей, когда ВМФ Советского Союза интенсивно

создавался и достиг своего звездного часа. В книге подробно описывается строительство судоремонтного завода «Нерпа» и города Снежногорск. Приводятся воспоминания автора о встречах с руководством страны, промышленности и флота, в ходе которых решались разнообразные производственные и другие задачи. Книга адресована тем, кого интересует история создания атомного подводного флота страны; она рассчитана не только на специалистов, но и на широкий круг читателей.

Березовский В. Л. Держать глубину. Флотские были. Северодвинск, 2009. 272 с.: ил. ISBN 5-7536-0148-0.

Автор этой книги — командир головного ракетного подводного крейсера стратегического назначения пр. 667-А «К-137», Герой Советского Союза, контр-адмирал Вадим Леонидович Березовский. Тема книги — о моряках, море, подводных лодках и морской службе. В своей новой книге автор объединил две предыдущие — «По местам стоять к всплытию» и «Адмирал дает "добро"». Он так характеризует издание: «В этой книге нет ничего придуманного. Все факты имели место в жизни. Случаи из практики кораблевождения, использования оружия, техники, наконец, взаимоотношения людей — правда и только правда».

Чуксанов О. В., Афонин Н. Н. Отечественный центр технологии судостроения. 1939—2009. События, люди, традиции/Под ред. ген. директора ОАО «ЦТСС», докт. техн. наук, проф. В. Д. Горбача. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009. 256 с.: ил. ISBN 978-5-902241-11-9.

В книге, содержащей 583 иллюстрации, в том числе ранее не публиковавшиеся фотоснимки, прослеживается история становления крупнейшего отечественного центра технологии судостроения (в настоящее время — ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта», ранее — ЦНИИТС), освещены основные направления его деятельности и вклад в развитие российского военного и гражданского судостроения. Издание, выпущенное к 70-летию ЦНИИТС/ЦТСС, рассчитано на широкий круг читателей, интересующихся историей российского судостроения и флота.

Каталог. Дизельные и газовые двигатели 2009/Ред. и сост. А. А. Сидоров. СПб.: ООО «ЦНИДИ», 2009. 200 с.: ил.

В апреле 2009 г. вышел из печати подготовленный ООО «ЦНИДИ» очередной каталог «Дизельные и газовые двигатели» на русском и английском языках. Предыдущее издание было в 2006 г. В новом каталоге представлена продукция 50 предприятий России, занятых проектированием, исследованием и производством дизельных и газовых двигателей различного назначения, агрегатов на их базе, а также комплектующих к ним. По каждому предприятию даны уточненные адреса, полный перечень продукции в табличной форме с техническими характеристиками (обозначение двигателей по ГОСТ 10150—88, мощность, число оборотов коленчатого вала, удельный расход топлива, массогабаритные показатели, применяемость, назначение и др.). Каталог также имеет указатель продукции, сводные таблицы предприятий и выпускаемой продукции, перечень стандартов действующих в двигателестроении. Среди представивших в каталоге свою продукцию предприятий — ЗАО «Трансмашхолдинг», ОАО «Брянский машиностроительный завод», ОАО ХК «Коломенский завод», ОАО «Пензадизельмаш», ОАО «Звезда», ОАО «Дагдизель», ОАО «Барнаултрансмаш», ЗАО «Волжский дизель им. Маминых», ОАО «РУМО», ЗАО «ПФК Тверьдизельагрегат» и др.

Румб В. К. Прочность судового оборудования. Конструирование и расчеты прочности судовых валопроводов. СПб.: СПбГМТУ, 2008. 298 с. ISBN 978-5-88303-458-8.

Этот учебник рекомендован для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Судовое оборудование», а также «Судовые энергетические установки» и «Двигатели внутреннего сгорания». В нем рассмотрены особенности деталей и узлов судовых валопроводов, даны практические рекомендации по их конструированию и расчетам на выносливость, износостойкость и долговечность. Приведены технические требования к изготовлению, монтажу и эксплуатации валопроводов. Представлены расчеты изгибных, крутильных, осевых, крутильно-осевых и ударных колебаний и способы борьбы с ними.

Мясников Ю. Н. Надежность и техническая диагностика судовых энергомеханических систем. СПб.: ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, 2008. 183 с.: ил. ISBN 978-5-903002-10-8.

В этой монографии в авторской редакции изложена концепция обеспечения надежности сложных энергомеханических систем на всем протяжении их жизненного цикла. Основные главы: системный анализ и его применение при оценке надежности судовой энергетической установки (СЭУ), характеристики и показатели надежности судового оборудования, обеспечение надежности СЭУ, прогнозирование технического состояния оборудования СЭУ, анализ методов техобслуживания. Подчеркивается, что эксплуатационная компонента жизненного цикла СЭУ не только наименее изучена, но и является определяющим фактором сохранения проектных показателей надежности корабля (судна) в период всего срока его службы. Книга рассчитана на проектантов и инженерно-технических работников судостроительной промышленности; она будет полезна преподавателям, аспирантам и студентам.

Калихман Д. М. Прецизионные управляемые стенды для динамических испытаний гироскопических приборов. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008. 296 с.: ил. ISBN 5-900780-82-5.

В книге, подготовленной под общей редакцией академика РАН В. Г. Пешехонова, рассмотрены принципы построения прецизионных управляемых стендов для контроля статических и динамических характеристик гироскопических приборов. Предложена общая концепция построения схемотехнических решений стендов, на основе которой разработана обобщенная математическая модель стендов с инерциальными чувствительными элементами. Приводятся примеры конструкций управляемых стендов. Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, а также для аспирантов и студентов старших курсов специальностей «Приборостроение» и «Системы автоматического управления».

Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 1. Введение в теорию оценивания. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 496 с.: ил. ISBN 978-5-900780-86-3.

В книге излагаются общие принципы и подходы, используемые при построении алгоритмов оценивания как в линейных, так и в нелинейных задачах. Книга адресована в первую очередь инженерам и научным работникам, которые занимаются построением эффективных алгоритмов оценивания применительно к задачам обработки навигационной информации, а также гидроакустических данных и траекторного слежения. Учебно-методическое объединение вузов по университетскому политехническому образованию допустило это издание в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Системы управления движением и навигация».

Материалы конференции, посвященной 40-летию секции истории судостроения. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009. 52 с.: ил.

В сборник, составителем которого является В. В. Козырь — председатель секции истории судостроения при Центральном правлении РосНТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, включены доклады и сообщения, сделанные на конференции, состоявшейся 26 ноября 2008 г. в ФГУП ЦНИИТС (ныне — ОАО «ЦТСС»).

Проекты и верфи. В двух томах. Том II. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2009. 868 с.: ил. ISBN 5-902231-10-3.

В книге, подготовленной авторским коллективом под общей редакцией Л. А. Межеричера, рассмотрены вопросы проектирования верфей, в том числе первенцев советского судостроения, приведены примеры создания новых и развития существующих предприятий, отмечены особенности проектирования доковых комплексов. Проектированию и строительству верфей за рубежом с участием наших специалистов посвящена отдельная глава. Приведены основные результаты деятельности ГСПИ «Союзпроектверфь» (рукопись книги была подготовлена к 75-летию этого института) — ныне ПФ «Союзпроектверфь» в составе ОАО «ЦТСС», а также хронология развития судостроительных предприятий страны после 1917 г. Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся историей отечественного судостроения после 1917 г. Первый том вышел в 2007 г.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СУДОСТРОЕНИЕ ЮЖНОЙ КОРЕИ

По данным Ассоциации корейских судостроителей (The Korea Shipbuilders Association — KOSHIPA), в которую входят девять крупнейших компаний, владеющих верфями (Hyundai Heavy Industries Co. Ltd, Samsung Heavy Industries Co. Ltd, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd, Hyundai Samho Heavy Industries Co. Ltd, Hanjin Heavy Industries & Construction Co. Ltd, Hyundai Mipo Dockyard Co. Ltd, STX Shipbuilding Co. Ltd, SLS Shipbuilding Co. Ltd, DAE Sun Shipbuilding & Engineering Co. Ltd), в последние годы судостроение Южной Кореи неуклонно росло по количеству ежегодно заказываемых судов и по их суммарной вместимости и стоимости.

В основном суда строились на экспорт (табл.). Однако 2008 г. стал по известным кризисным причинам переломным. Резко упало число заказов — с 707 в 2007 г. до 467 в 2008 г., на 40,7% сократилась их вместимость — соответственно с 23,64 млн CGT до 14,02 млн CGT, и, конечно, суммарная стоимость. Но поскольку до этого портфель заказов был переполнен, сдача судов продолжала расти и в 2008 г., достигнув 12,46 млн CGT (376 ед.) по сравнению с 10,29 млн CGT (340 ед.) в предыдущем году. Суммарный портфель заказов в 2008 г. с учетом заказов предыдущих лет возрос на 6,3%, достигнув 53,38 млн CGT (в 2007 г. — 51,15 млн CGT). По данным KOSHIPA, за Южной Кореей оставалось и первое место (41,1%) на Мировом рынке судостроения, за ней следовали Китай, Япония и Европа.

Полагают, что Южную Корею вскоре обгонит Китай. По данным лондонской компании Clarkson Research Service, суммарный портфель заказов Китая по состоянию на август 2009 г. уже достиг 55 млн CGT (33,4% Мирового рынка), вплотную приблизившись к Южной Корее — 56,52 млн CGT, 34,4%. А по количеству заказов, полученных в 2009 г. (правда, в основном на сравнительно «простые» суда — балкеры и др.), Китай с 2,11 млн CGT (54,2%) уже значительно обогнал Южную Корею (1,22 млн CGT, 31,4%).

Судостроение Южной Кореи. Сдача судов/новые заказы, полученные в 1995—2008 гг.

Годы	Для компаний Южной Кореи			Экспорт			Всего		
	Количество	Вместимость, 100 GT	Стоимость, млн дол.	Количество	Вместимость, 1000 GT	Стоимость, млн дол.	Количество	Вместимость, 1000 GT	Стоимость, млн дол.
1995	5 / 2	10 / 0,3	101 / 23	135/192	5653 / 7133	5049 / 6769	140/194	5663 / 7133	5149 / 6792
1996	— / 2	— / 2	— / 29	170/142	7798 / 6972	6953 / 7038	170/144	7798 / 6974	6953 / 7067
1997	— / 1	— / 12	— / 50	172/200	7449 /12 738	6994 /10 383	172/201	7449 /12 750	6994 /10 432
1998	2 / —	2 / —	29 / —	161/175	8633 / 9999	7024 / 7924	163/175	8635 / 9999	7053 / 7924
1999	— / 3	— / 18	— / 26	163/224	9481 /12 704	8213 / 9160	163/227	9481 /12 719	8213 / 9185
2000	2 / 2	18 / 23	19 / 13	178/311	6029 /10 379	9593 /15 147	180/313	6047 /10 402	9612 /15 160
2001	1 / —	5 / —	10 / —	206/185	6442 / 6408	8418 /10 695	207/185	6447 / 6408	8429 /10 695
2002	1 / —	18 / —	33 / —	209/230	6806 / 7591	9494 /10 043	210/230	6824 / 7591	9527 /10 043
2003	— / 5	— / 49	— / 88	223/465	7265 /16 700	10 689 /23 897	223/470	7265 /16 749	10 659 /23 985
2004	1 / —	11 / —	13 / —	259/441	8716 /16 307	11 908 /30 173	260/441	8727 /16 307	11 922 /30 173
2005	4 / —	38 / —	77 / —	281/349	10 171 /11 965	14 430 /28 406	285/349	10 209 /11 965	14 507 /28 406
2006	1 / —	9 / —	23 / —	314/498	9538 /16 270	17 593 /43 500	315/498	9547 /16 270	17 616 /43 500
2007	— / 3	—/ 26	— / 70	340/704	10 294 /23 617	22 108 /70 514	340/707	10 294 /23 643	22 105 /70 584
2008	8 /14	305/282	615/383	368/453	12 160 /13 740	34 583 /47 764	376/467	12 466 /14 022	35 199 /48 146

Источник: KOSHIPA. С 2000 г. — CGT вместо GT.

НОВАЯ ТУРЕЦКАЯ ВЕРФЬ ПОЛУЧИЛА ЗАКАЗ ОТ «ПАЛМАЛИ»

23 октября компания «Палмали» подписала контракт с новой турецкой верфью «Бешикташ» (Besiktas Gemilnsaa Anonim Sirketi) на постройку пяти (+5 в опционе) танкеров пр. RST22M (Морское Инженерное Бюро). Строительство верфи на западном побережье Измитского залива (70 км от Стамбула) началось в 2007 г., в июле 2009 г. проект был полностью реализован. В составе верфи — сухой док 235x38 м, продольный слип 150x27 м, причалы общей длиной 450 м. Верфь занимает площадь примерно 100 тыс. м^2 и способна обрабатывать 12 000 т стали в год. В ее постоянном штате 200 чел., для работ привлекается около 30 подрядных организаций (примерно 600 рабочих). Верфь построена одноименной финансово-промышленной группой «Бешикташ». В 2002—2008 гг. этой группой построено 17 химовозов дедвейтом от 4300 до 26 000 т.

Суда пр. RST22M имеют размерения 139,95x16,6x6 м и дедвейт 7050/4700 т при осадке 4,6/3,6 м соответственно в море и реке. Кроме этого заказа на верфи строятся также два танкера-химовоза дедвейтом 18 000 т и 27 000 т.

Новая турецкая верфь «Бешикташ»

ТАНКЕРЫ СТРОЯТ, НО МЕНЬШЕ

Кризис повлиял, естественно, и на танкерный рынок, но в меньшей степени, чем предполагали. Контракты были аннулированы на 600 судов, что составило 1/6 всего мирового портфеля заказов. На 10 августа 2009 г. по данным компании BRL Shipping Consultants на верфях строилось 2083 танкера со сроками поставки в 2009 г. (946 ед.), 2010 г. (604 ед.), 2011 г. (422 ед.), 2012 г. (100 ед.), 2013 г. (10 ед.) и 2014 г. (1 судно).

Наибольшее число составляли танкеры класса Handymax — 423 ед.; далее следуют супертанкеры VLCC (226 ед.), средние (240 ед.) и малые (222 ед.) химовозы, Aframax (209 ед.), малые продуктовозы (204 ед.), Handysize (180 ед.), Suezmax (170 ед.), Panamax (115 ед.), средние продуктовозы (80 ед.), малые танкеры (9 ед.) и танкеры-снабженцы для ВМС (5 ед.).

По суммарному дедвейту на первом месте VLCC — 70 376 140 т, затем идут Suezmax — 26 471 380 т, Aframax — 22 950 102 т, Handymax — 20 274 240 т, Panamax — 8 284 230 т, Handysize — 5 479 303 т и т. д.; всего — 161 335 998 т. Тройка лидеров танкеростроения следующая: Южная Корея — 833 ед., 81 779 726 т, Китай — 642 ед., 51 154 048 т и Япония — 186 ед., 14 363 707 т. С начала 2009 г. по 10 августа было сдано заказчикам 359 танкеров общий дедвейтом 28 386 180 т, а заказан всего 91 танкер (7 416 767 т). (*Tanker Shipping & Trade. 2009. August/September. P. 11, 12*).

АВТОМОБИЛЕВОЗ С СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ

В результате сотрудничества японских компаний Nippon Yusen Kabushiki Kaisha (NYK) и Nippon Oil разработана и установлена на верхней палубе автомобилевоза «Auriga Leader» вспомогательная энергетическая система, состоящая из 328 солнечных батарей суммарной мощностью до 40 кВт. По данным разработчиков, солнечные батареи могут внести свой вклад в обеспечение электроэнергией пропульсивного

Автомобилевоз «Auriga Leader» и расположение солнечных батарей на палубе

Речное пассажирское судно «Zem Ship» (фото Proton Motor Fuel Cell GmbH)

комплекса (0,3%), судовой системы освещения и др. (7%). Инвестиции обеих компаний в проект составили 1,68 млн дол.

Автомобилевоз «Auriga Leader», способный взять на борт 6200 легковых автомобилей, построен в декабре 2008 г. на верфи Kobe Shipyard (Mitsubishi Heavy Industries). Его длина 199,99 м, ширина 32,26 м, высота борта 34,52 м, дедвейт 18 758 т, вместимость 60 213 GT. За первые 7 мес. эксплуатации судна солнечные батареи отработали 2600 ч, выработав 32 300 кВт·ч электроэнергии. Вклад в названные выше потребители составил 0,05% и 1%, что эквивалентно экономии 13 т топлива в год. Проверка системы на практике будет продолжаться два года (*www.nyk.com*).

«ZEM SHIP»: ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НЕТ

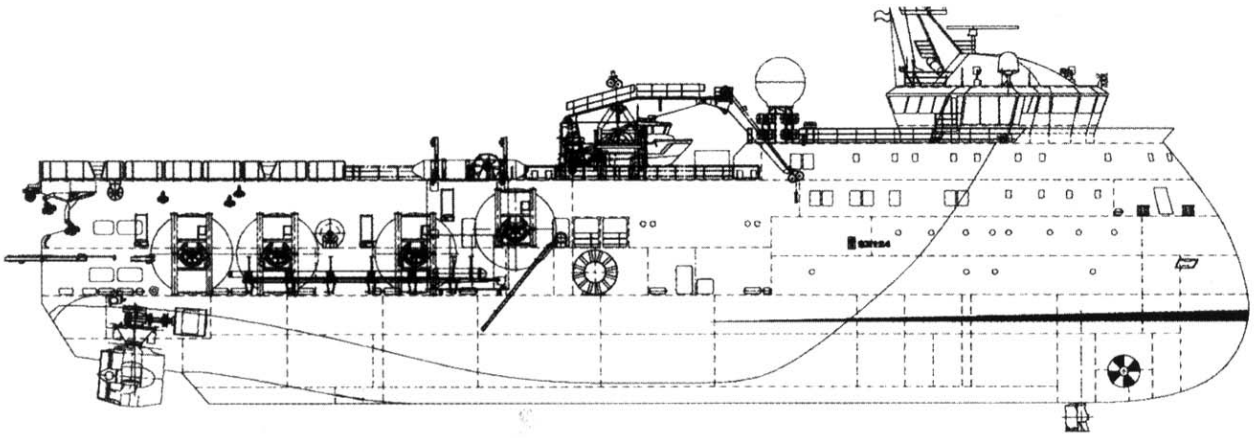
После всесторонних испытаний в этом году компанией Alster Touristik началась эксплуатация по речным водным путям в районе Гамбурга пассажирского судна «Alsterwasser» проекта «Zem Ship» (Zero Emission Ship). Как утверждается, это первое речное пассажирское судно, использующее водородные топливные элементы в качестве главного источника энергии. На судне, имеющем длину 25 м и способном взять на борт 100 пассажиров, размещаются два топливных элемента по 48 кВт, разработанных компанией Proton Motor Fuel Cell. Вырабатываемый ими ток заряжает свинцовые аккумуляторы, которые подсоединены к гребному электродвигателю. Скорость судна составляет 8 уз. Водород (до 50 кг) хранится в баллонах при давлении 350 бар — его хватает на 2—3 дня работы судна. На разработку проекта судна ЕС с 2006 г. потратило 2,5 млн евро. Судно сертифицировано Germanischer Lloyd. (*Ship & Boat International. 2009. September/ October. P. 16, 17; www.zemship.en*).

«WG COLUMBUS»

Испанская верфь Hijos de J. Barreras построила для компании WesternGeco Fleet Management сейсмографическое научно-исследовательское судно «WG Columbus» — первое судно такого назначения с носовой оконечностью X-bow. Судно проекта Ulstein SX124 имеет размерения 88,8/82x19x8 м, осадку 6,6 м, дедвейт 3800 т, вместимость GT/NT 6922/2077, экипаж 69 чел. Дизель-электрическая энергетическая установка (шесть электрогенераторов по 1800 кВт при 1000 об/мин) обеспечивает с помощью двух полноповоротных ВРК мощностью 2x3000 кВт скорость 15 уз. Есть носовые подруливающие устройства — туннельное на 1200 кВт и выдвижная ВРК на 850 кВт. На палубе — 12-тонный кран с вылетом стрелы 17 м и вертолетная площадка в корме.

Н-ДОК ДЛЯ FPSO

Закладка плавучего нефтехранилища «Usan FPSO», предназначенного также для обработки и перегрузки нефти, состоялась 30 июня в специализированном сухом доке (H-dock) южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries (HHI). Док, имеющий длину 490 м, ширину 115 м и глубину 13,5 м, был построен в апреле 2009 г. и рассчитан по дедвейту на 1 млн т. Он оборудован двумя козловыми кранами грузоподъемностью по 1600 т. Это первый в мире док, специально сооруженный для строительства сверхкрупных судов типа FPSO и LNG—FPSO. По данным HHI, он позволит уменьшить



Сейсмографическое судно «WG Columbus»

Закладной блок «Usan FPSO» в специализированном сухом доке HHI

Вывоз из сухого строительного дока украинского завода «Залив» судна для обслуживания нефтегазовых платформ, построенного для норвежской компании Ulstein

стоимость постройки на 15%, а продолжительность — на 1 мес. за счет концентрации всех работ на одном построечном месте. При отсутствии заказов на FPSO в этом доке может одновременно формироваться четыре судна дедвейтом около 180 000 т, а годовая программа в этом случае может достигать 12 ед.

Судно «Usan FPSO», заказанное компанией Elf Petroleum Nigeria, будет иметь длину 320 м, ширину 61 м, высоту борта 32 м и будет способно обрабатывать 160 000 баррелей нефти, 5 млн м^3 газа в сутки и хранить до 2 млн баррелей нефти. Судно будет сдано заказчику в феврале 2011 г. Одновременно в доке строятся еще два «обычных» судна по 180 000 т (*www.hhi.co.kr*).

«ЗАЛИВ» СОТРУДНИЧАЕТ С ULSTEIN

В ОАО «Судостроительный завод "Залив"» (Крым, Керчь) завершили строительство судна, предназначенного для обслуживания нефтегазовых платформ. Судно было заказано норвежской компании Ulstein. Это уже второй совместный проект украинского завода «Залив» и Ulstein, первое судно было сдано около года назад в честь 70-летнего юбилея «Залива». Длина судна составляет 120 м, ширина 25 м, общая масса стального корпуса 4064 т. Форма корпуса с наклоном форштевня в корму (так называемая X-bow) позволяет судну развивать бóльшую скорость, а также улучшить маневренность в штормовых условиях. Сдача судна состоялась с опережением контактных сроков на три месяца. В связи с этим руководство завода «Залив» приняло решение поощрить весь коллектив, выплатив ему премию в среднем в размере месячного оклада или тарифной ставки в зависимости от категории работающего. На эти цели в бюджете завода «Залив» было запланировано 4,3 млн гривен. Сформированный к середине октября портфель заказов завода предполагает его загрузку до конца 2010 г.

«RocketBoat» в гавани Сан-Франциско

КАТЕР-РАКЕТА

Американская верфь Ocean Rockets построила в мае этого года для компании Blue & Gold Fleet скоростной пассажирский катер, названный «RocketBoat». Катер с корпусом из алюминиевого сплава, вмещающий 135 пассажиров, имеет наибольшую длину 21 м (по ватерлинии — 18 м), ширину 6 м, водоизмещение 32 т и развивает максимальную скорость 44 уз с помощью двух двигателей. MTU 16V-2000-M70 мощностью по 1050 кВт при 2100 об/мин. Движители — два водомета Ultra Jet 575, экипаж — 3 чел. Топливо используется смешанное — биодизельное. Катер эксплуатируется в гавани Сан-Франциско. Открытая пассажирская палуба позволяет вполне ощутить скорость и мощь «RocketBoat» (*Ship & Boat International. 2009. September/October. P. 58—59; www.ocean-rockets.com*).

МОРСКОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНЫЙ КОМПЛЕКС НА МЕСТОРОЖДЕНИИ им. ЮРИЯ КОРЧАГИНА

14 сентября компания «Лукойл» установила плавучее нефтехранилище (ПНХ), предназначенное для загрузки танкеров-челноков и транспортировки нефти с месторождения им. Юрия Корчагина в Каспийском море. ПНХ представляет собой нефтеналивное судно с двойным дном и двойными бортами, машинно-котельным отделением, жилой надстройкой и вертолетной площадкой. Его дедвейт составляет 28 000 т, длина 132 м, ширина 32 м, высота борта 15,7 м, экипаж 25 чел.

Корпус судна был построен по заказу «Лукойла» на верфи Keppel Singmarine в Сингапуре. После спуска на воду корпус был разделен на две части для обеспечения возможности их прохода по Волго-Донскому каналу и далее по Волге в Каспийское море. Окончательная достройка ПНХ проводилась на верфи Keppel Singmarine в Баку.

Нефтехранилище пришвартовано к точечному причалу (ТП), который был установлен в море в августе текущего года. В свою очередь ТП соединен с морской добывающей платформой подводным трубопроводом диаметром 300 мм и протяженностью 58 км. Таким образом, «Лукойл» завершил строительство морского перегрузочного комплекса, предназначенного для хранения и перевалки на танкеры нефти с месторождения им. Юрия Корчагина.

Ввод в эксплуатацию месторождения запланирован на декабрь 2009 г. Месторождение расположено в 180 км от Астрахани и 240 км от Махачкалы. Глубина моря в этом районе составляет 11—13 м. Запасы месторождения оцениваются в 570 млн барр. н. э. Максимальный уровень добычи составляет 2,3 млн т нефти и 1,2 млрд м^3 газа в год.

www.lukoil.ru

ПНХ на стапеле Keppel Singmarine

Корпус ПНХ разделен на две части

Погрузка на полупогружное судно «Transporter»

На судне «Transporter»

Прохождение через волжские шлюзы

ПНХ с точечным причалом

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

АМЕРИКАНСКИЙ «СЛЕД» В РЕЧНОМ СУДОСТРОЕНИИ РОССИИ

УДК 629.5(092)

С. Д. Климовский (ЦВММ)

Известно, что Роберт Фултон — конструктор первого успешного в коммерческом плане парохода (1807 г.) — добивался получения «привилегии» на учреждение парового судоходства в России. Если бы не преждевременная кончина этого выдающегося инженера, на реках нашей страны могли появиться пароходы его конструкции, а их дальнейшее развитие проходило бы под сильным американским влиянием. Этого не случилось, и дореформенный период развития отечественного речного судостроения характерен заимствованием главным образом голландских, бельгийских и английских образцов судов. Однако западноевропейское влияние не являлось определяющим, и речное судостроение России развивалось преимущественно самобытным путем, выработав к началу XX века лучшие в Европе типы речных судов.

Самое раннее известное предложение о введении паровых судов в России поступило от знаменитого американского инженера Роберта Фултона. В ноябре 1811 г. Фултон обратился к посланнику в Санкт-Петербурге Джону Куинси Адамсу (будущий шестой президент США) с просьбой передать российскому правительству заявку о предоставлении ему монопольного права на пароходное сообщение в России. Письмо об изобретении Фултоном «особого вида баркасов или судов, могущих плавать по рекам даже против ветра и течения с помощью огня и пара» в октябре 1812 г. было направлено Адамсом министру коммерции Н. П. Румянцеву. Кроме того, Фултон просил Адамса выяснить, можно ли получить привилегию на постройку и эксплуатацию паровых судов в России.

Адамс всячески протежировал Фултону, сомневаясь в способности российских предпринимателей завести подобные суда. Он считал, что «...очень маловероятно, что в течение 20- или 25-летнего срока, предусматриваемого привилегией, другие судовладельцы смогли предложить такие же суда». Император Александр I после получения положительного заключения из Ведомства путей сообщения и Морского министерства в октябре 1812 г. признал «сие изобретение полезным» и дал согласие на выдачу привилегии.

Роберт Фултон (1765—1815). Портрет работы художника Р. Пиля

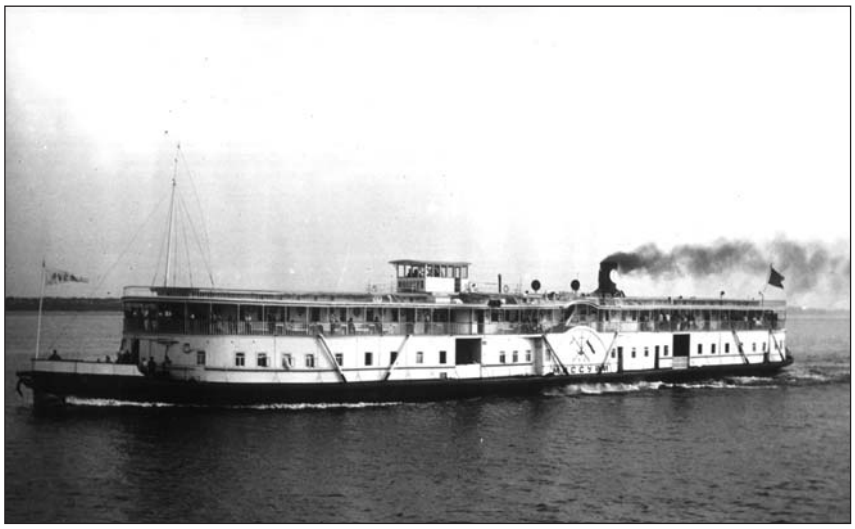
Энергетическую установку для будущего российского «стимбота» Фултон предполагал изготовить на заводе в Нью-Йорке. В Россию он собирался направить мастера для наблюдения за постройкой судна, которую намечалось завершить в 1815 г.

10 декабря 1813 г. Александр I подписал указ о выдаче Роберту Фултону привилегии сроком на 15 лет «на устроение изобретенного им особого рода судна, приводимого в движение парами, и на употребление оного в действо, не токмо для сообщения между Санкт-Петербургом и Кронштадтом, но и на судоходных реках России». Привилегия считалась недействительной, если Фултон или его поверенные в течение первых трех лет не введут в эксплуатацию в России хотя бы одно такое судно. В январе 1814 г. от Фултона потребовали подробное описание его изобретения с чертежами, без чего привилегия не могла быть выдана (в соответствии с правилами, установленными «Манифестом о привилегиях на разные изобретения и открытия в художествах и ремеслах» от 17 июня 1812 г.). Действие привилегии отсчитывалось с 10 декабря 1813 г., т. е. с появления императорского указа.

Однако Роберт Фултон вплоть до своей смерти (23 февраля 1815 г.) не выполнил предъявленных ему условий. В Санкт-Петербурге не получили ни подробного описания конструкции парового судна, ни чертежей. Фултону так и не довелось осуществить намерения о заведении парового судоходства в России. Практическая работа в этой области легла на плечи российских предпринимателей, конструкторов и судостроителей.

Россия стала второй после Англии (там паровое судоходство началось в 1812 г.) и первой на континенте европейской страной, по водам которой пошел пароход. В 1815 г. на заводе К. Н. Берда в Санкт-Петербурге было построено экспериментальное паровое судно, для корпуса которого использовали небольшое речное судно — сойминку. 3 ноября того же года пароход совершил первый рейс из Санкт-Петербурга в Кронштадт. Он стал историческим и свидетельствовал о начале эпохи парового судоходства в России. В 1816 г. на заводе Берда был построен второй пароход, а затем еще несколько для сообщения между Санкт-Петербургом и Кронштадтом, а также для использования на Неве и других реках.

Поскольку ни сам Фултон, ни его наследники в течение трех лет так и не построили парохода в России, их привилегия в 1816 г. была аннулирована. 9 июня 1817 г. Берд получил привилегию сроком на 10 лет на монопольное право применения паровых судов на всех судоходных реках Европейской России и приле-



«Миссури» — один из первых на Волге пароходов «американского» типа. (Эта и последующие фотографии — из собрания ЦВММ)

гающих морях. До 1825 г. завод Берда построил 11 пароходов, а также 130 паровых машин и значительное число паровых котлов. Постройкой паровых судов, по согласованию с Бердом, занялись и другие предприниматели.

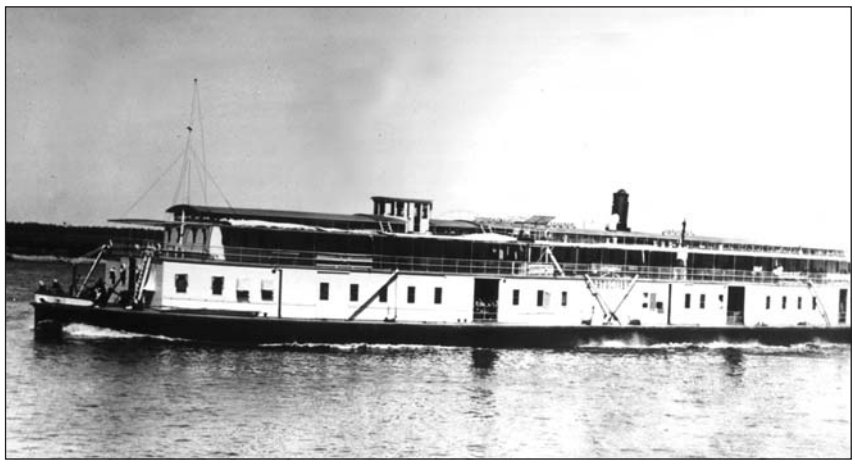
В навигацию 1833 г. на внутренних водных путях России эксплуатировалось уже 40 казенных и частных буксирных и грузопассажирских пароходов.

В 30-е годы XIX века в США, не только развернулось бурное железнодорожное строительство, но и значительное развитие получило пароходное сообщение. Это вызвало большой интерес в Ведомстве путей сообщений, поскольку природные условия России и США имели много общего: большие расстояния, протяженные реки, малонаселенные отдаленные регионы и проч. Главноуправляющий путями сообщений граф К. Ф. Толль распорядился командировать в США профессора прикладной математики инженера П. П. Мельникова и инженер-полковника Корпуса инженеров путей сообщения Н. О. Крафта для ознакомления как с устройством железных дорог, так и других «систем путей сообщения», в частности пароходных. В начале июня 1839 г. они выехали в США, где подробно изучили не только железные дороги и паровозостроительные заводы, но и водные пути, а также речные и озерные пароходы, убедившись в целесообразности развития речного пароходства в России. Русские специалисты установили контакты с многими американскими инженерами, в том числе с Робинсоном, Уистлером, Брауном, Свифтом и Латробом. По возвращении в начале августа 1840 г. в Санкт-Петербург Мельников и Крафт составили подробные отчеты о поездке в США, сопроводив их техническими описаниями и многочисленными чертежами.

В 1841—1842 гг. в «Журнале путей сообщения» были опубликованы шесть статей П. П. Мельникова о состоянии водных сообщений и пароходного дела в Северной Америке. Эти статьи заключали в себе много любопытных наблюдений и поучительных примеров. Один из главных выводов автора гласил: «... так же как Америка, Россия приобретет значительные выгоды от введения усовершенствованных пароходов на ее главных реках». В этих работах (кроме общего обзора системы водных сообщений и типов речных и озерных пароходов) Мельников давал рекомендации по широкому внедрению американского опыта на важнейших речных системах России. Первая докладная записка о пользе применения пароходов Америки на реках России была представлена им начальству еще 9 апреля 1841 г.

Несколько раньше, в 1840 г., было принято решение заказать в Англии большой железный пароход для плавания царской семьи по Волге. Главное управление путей сообщений решило провести изыскания прямо на месте для определения размеров парохода, обеспечивавших беспрепятственное и безопасное плавание. П. П. Мельников составил программу исследования Волги и организации пароходного сообщения. На всей громадной реке тогда работало только три буксирных парохода. Требовалось собрать сведения «относительно ценности пароходов, имеющих быть употребленными на Волге наподобие американских пароходов, а также расходов, нужных при самом их употреблении».

В июле—августе 1841 г. П. П. Мельников возглавил особую экспедицию, которая провела промеры глубин и выполнила описание фарватера Волги от Твери до Астрахани. Собранные сведения и их анализ свидетельствовали о несомненной выгоде заведения регулярного пароходного сообщения на Волге. Мельников предлагал «приложить непосредственно, вместо прежних первобытных способов передвижения, самые усовершенствованные средства: именно, речные суда и пароходы Америки, в Европе не упо-



Грузопассажирский пароход «Святослав»

требявшиеся, да и мало известные... Россия может целиком применять к своим рекам, а преимущественно к Волге, прекрасные речные пароходы, которые принесли столь благодетельные плоды в Америке».

По итогам экспедиции П. П. Мельников в ноябре 1841 г. представил в Ведомство путей сообщения специальную записку, в которой указал образцы американских пароходов и барж, которые могли бы найти применение на средней и нижней Волге, а также смету расходов на заведение пароходства, модели и подробные спецификации судов, при этом уверенно заявив, что «... на Волге должно возникнуть русское речное пароходство, и здесь оно обещает самые большие выгоды». Эти предложения рассматривались в течение двух лет особой комиссией проектов и смет под председательством генерал-лейтенанта М. Г. Дестрема. В отношении прототипов для постройки частных (неправительственных) паровых судов комиссия пришла к выводу, что «лучшими речными пароходами, по сведениям, собранным полковником Мельниковым в последнем путешествии за границею, должны быть признаны пароходы, употребляемые в Северной Америке по рекам Гюдсону и Миссисипи».

В начале 40-х годов, в связи со значительным ростом хлебной торговли на Волге, «механизация» российского речного транспорта стала неотложной задачей. Новый главноуправляющий путями сообщения П. А. Клейнмихель предложил прекратить выдачу привилегий, и 2 июня 1843 г. российское правительство издало закон о разрешении свободного учреждения пароходства всеми желающими. С этого времени пароходное дело в России стало развиваться по принципам свободного предпринимательства.

Двухпалубный пароход «Ломоносов»

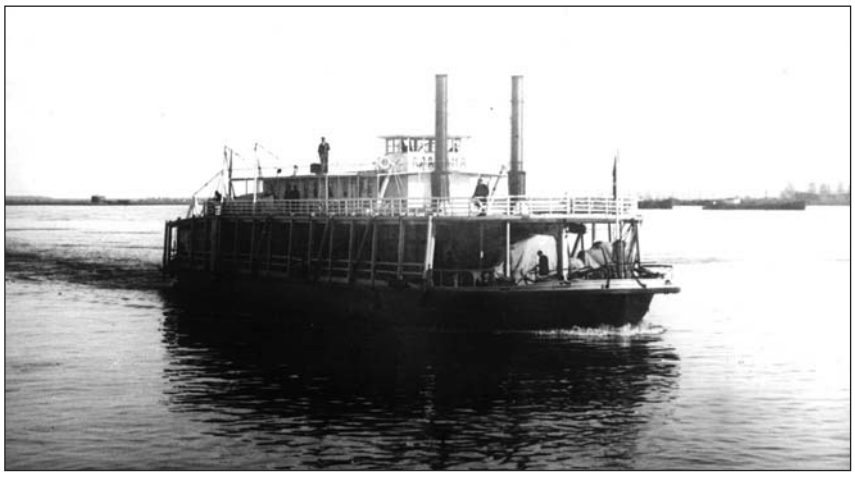
Изготовление корпусов, соответствующего оборудования и сборка пароходов велись в основном в трех районах — Поволжье, Приуралье и Санкт-Петербург. Судовые паровые машины и котлы изготавливались на заводах Берда (Санкт-Петербург), Адмиралтейских Ижорских (Колпино), Шипова (Кострома) и Пожевских (Пожва). Особенно удачно проходило развитие постройки речных пароходов в Поволжье, этому способствовал постоянно растущий спрос на них, удобное географическое положение, легкость получения высококачественных судостроительных материалов (в первую очередь железа), гарантированный быстрый сбыт готовой продукции.

После публикации указа от 5 июня 1850 г. о расширении «учреждения свободного пароходства в империи» возникло 25 новых пароходных компаний, которые приступили к строительству крупного флота из пароходов и буксируемых барж.

К концу 50-х годов XIX века в Волжско-Камском бассейне была создана значительная по своим масштабам пароходостроительная отрасль. Появились совершенные по тем временам промышленные предприятия; были освоены новые технологии, в том числе постройки железных корпусов судов, паровых машин и котлов, сформированы местные кадры судостроителей. К 1860 г. почти 80 % волжско-камских пароходов выпускалось на отечественных верфях.

Достигнутые успехи во второй половине XIX века во многом обусловлены деятельностью таких видных конструкторов, технологов и организаторов судостроительного производства, трудившихся в Волжском бассейне, как А. Г. Некрасов, А. С. Муфтелев, К. П. Цыганов, В. И. Джонс, Ф. П. Беляев.

К началу 70-х годов XIX века в условиях разразившегося хозяйственного кризиса резко усилилась конкуренция волжских пароходных компаний. Появилась потребность в паровых судах, в которых большие грузоподъемность и пассажировместимость сочетались с хорошей скоростью, минимальной осадкой и максимальным комфортом для пасса-



Заднеколесный грузопассажирский пароход «Алабама»

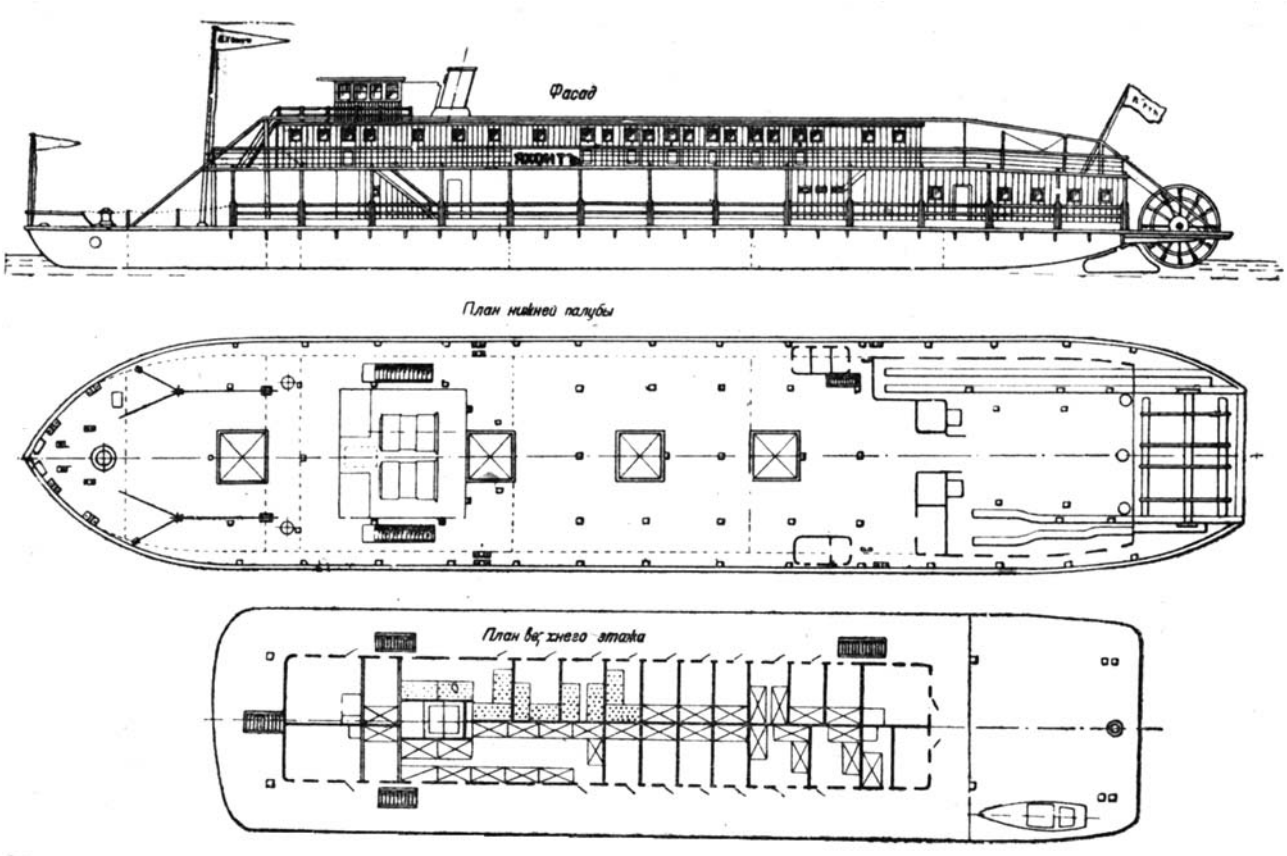
жиров. Судовладельцы решили строить «двухэтажные» пароходы (так называемого «американского» типа) с боковыми гребными колесами. Их прототипами стали грузопассажирские пароходы, ходившие по Миссисипи.

Обычно считается, что пионером внедрения на Волге таких судов был управляющий Камско-Волжским пароходным обществом А. А. Зевеке, который сыграл значимую роль в истории волжского пароходства. К навигации 1871 г. на Сормовском заводе построили грузопассажирский пароход «Переворот» с двухъярусной надстройкой «американского» типа грузоподъемностью 600 т, с принципиально новыми конструктивными и архитектурными решениями: весь груз размещался на главной палубе, а пассажирские помещения находились на второй палубе надстройки. Для пассажиров 1-го и 2-го классов предназначались отдельные каюты, в которые подвели воду для умывальников и паровое отопление. Большое внимание уделялось планировке и отделке классных кают. Между каютами 1-го и 2-го классов находился декорированный салон. Пассажиры 3-го класса размещались в отдельном помещении в кормовой части второго этажа, каждый имел отдельное спальное место. Для прогулок и отдыха пассажиров впервые была устроена галерея на уровне второго яруса надстройки, ставшая позже непременной принадлежностью всех отечественных многопалубных речных судов. Скорость парохода «Переворот» достигала 16 км/ч вниз по течению и 13 км/ч против течения.

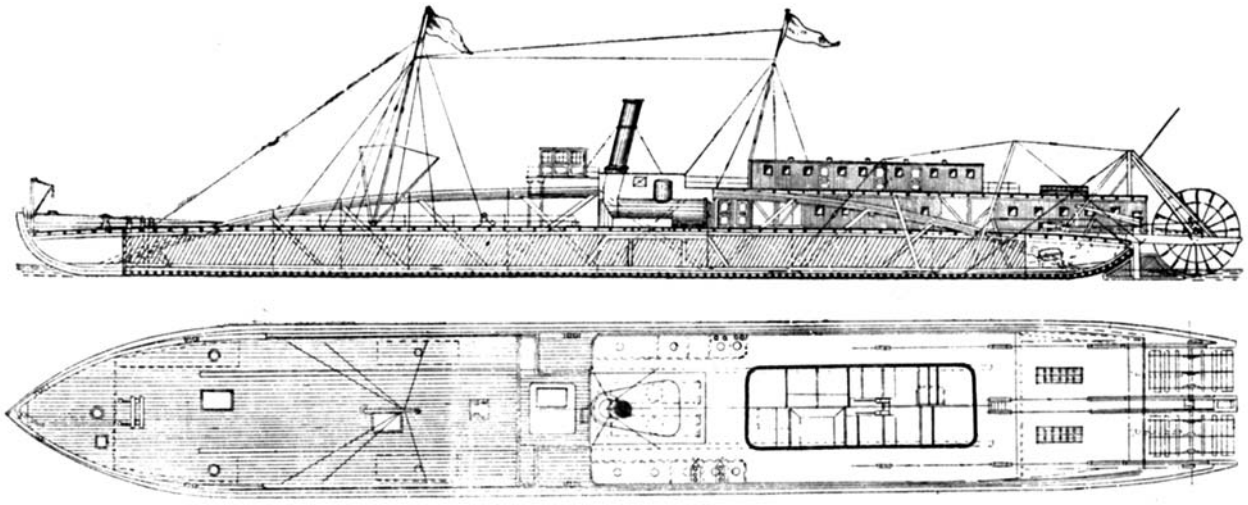
Грузопассажирский пароход «Алмаз» с задним гребным колесом

Этот пароход оправдал свое наименование, совершив переворот в архитектуре речных судов. Именно с этого времени в речном судостроении России установился конструктивный тип грузопассажирского «двухэтажного» парохода, который с некоторыми изменениями сохранился почти до конца XX века. С появлением парохода «Переворот» (впоследствии «Колорадо», затем «Ориноко») однопалубные суда начинают вытесняться двухпалубными. В 1872 г. на Волге появились два других парохода «американского» типа — «Миссисипи» и «Н. Бенардаки», за ними последовали «Миссури» и «Ниагара».

Инициатива введения на Волге пароходов «американского» типа принадлежала не только А. А. Зевеке, но и в немалой степени пароходному обществу «Кавказ и Меркурий». Еще в конце 60-х годов управляющий этим обществом и главный инженер побывали в США для детального ознакомления с новыми типами судов. Правление «Кавказа и Меркурия», заинтересованное в пассажирских перевоз-



Чертежи общего расположения заднеколесного парохода «Яхонт»



Продольный разрез и верхняя палуба грузового заднеколесного парохода типа «Новинка»

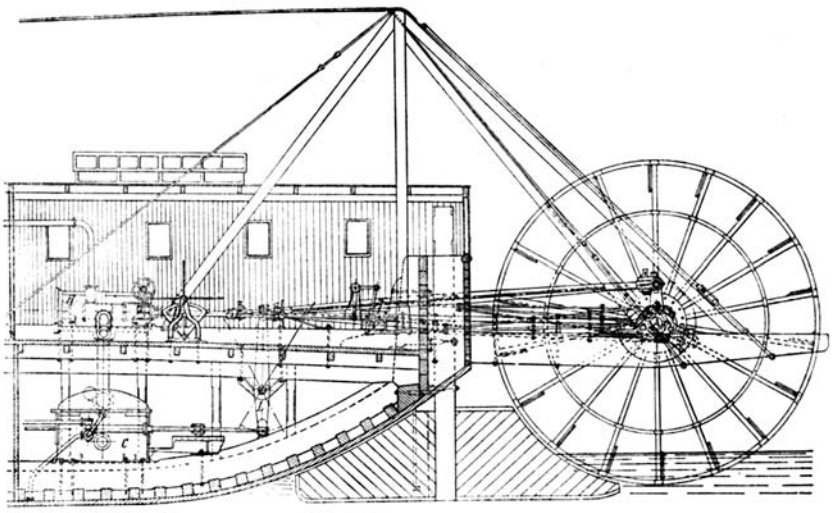
ках, решило построить в виде опыта пароход «американского» типа. Его достоинствами считались большая скорость и предоставляемые пассажирам удобства.

Детали нового судна были изготовлены в Бельгии на заводе фирмы «Коккериль» и собраны зимой 1869/70 г. в Спасском затоне близ устья Камы. Уже летом 1870 г. (за год до постройки «Переворота») двухпалубный пароход «Император Александр II» вышел в рейс. Он стал первым на Волге пароходом «американского» типа, отличался великолепной наружной и внутренней отделкой и непревзойденной скоростью. Однако этот пароход оказался невыгоден в экономическом плане, поскольку не мог дополнительно перевозить коммерческие грузы.

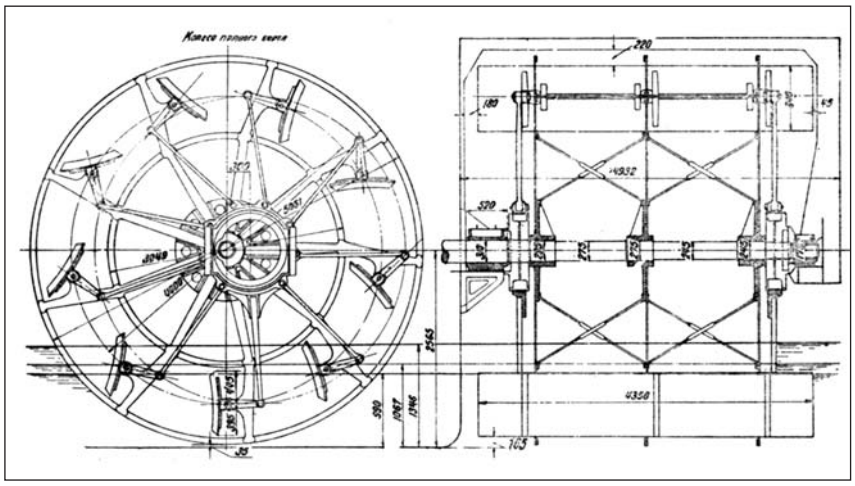
В том же Спасском затоне в 1873 г. железные буксирные пароходы «Александр Невский», «Дмитрий Донской», «Петр Великий» и «Екатерина II» (постройки 1850 г.) были переоборудованы в грузопассажирские «американского» типа грузоподъемностью по 600 т. Они оказались более эффективными в экономическом плане и стали примером для подражания. В 1880 г. в Спасском затоне общество «Кавказ и Меркурий» построило грузопассажирский пароход «Иоанн Грозный» (впоследствии «Великий князь Владимир») грузоподъемностью 650 т, в 1882 г. — пассажирский пароход «Фельдмаршал Суворов» (по типу «Императора Александра II») с машиной системы компаунд мощностью 1500 и. л. с., долгое время считавшийся лучшим на Волге. Пароходы «Александр Невский», «Дмитрий Донской», «Петр Великий» и «Екатерина II» вновь были перестроены зимой 1885/86 г., а по их образцу построены пароходы «Владимир Мономах» (1886) и «Святослав» (1889).

В 80-е годы многие судовладельцы переделали свои однопалубные пароходы в двухпалубные «американского» типа, надстраивая пассажирские помещения. Так выработался особый — «волжско-американский» — тип пароходов, который со временем получил в России широкое распространение. Иногда второй ярус надстройки возводился только в кормовой части, и тип таких пароходов получил наименование «полуамериканского».

Дольше всех эксплуатировало однопалубные пароходы общество «Самолет», но и оно в итоге перешло на двухпалубные. Свой первый пароход «американского» типа («Вера») оно построило в 1880 г. Старейшее пароходное общество «По Волге», занимавшееся поначалу буксирными перевозками, к 1883 г. ввело в эксплуатацию два пассажирских парохода «американского» типа — «Император» и «Императрица». Некоторые из судов этого типа перевозили несколько сот пассажиров и до 700 т груза со скоростью против течения 15—23 км/ч. Двухпалубные пароходы с бортовыми гребными колесами продолжали строиться в нашей страны до начала 50-х годов XX века.



Расположение паровой машины и гребного колеса на пароходах типа «Новинка»



Двухопорное гребное колесо системы Моргана с наружным ободом

Особое место в развитии архитектурных типов отечественных речных грузопассажирских судов занимают заднеколесные пароходы, построенные также по инициативе А. А. Зевеке. Большие проблемы при движении пароходов по российским рекам вызывало мелководье. Считалось, что в таких условиях следует использовать паровые суда с уменьшенной осадкой и задними гребными колесами. Такие пароходы успешно эксплуатировались на западных реках США, в Южной Америке (на Амазонке) и Африке.

В конце 1881 г. А. А. Зевеке командировал своего сына Александра в США для ознакомления с речным судоходством. Требовалось выбрать наиболее пригодный тип пароходов для Волги. Таким специалисты компании Зевеке считали плоскодонный с малой осадкой (0,7 м) заднеколесный пароход. Для руководства судостроительными работами из США был выписан мастер Думбартон. Вероятно, он и привез чертежи заднеколесных судов в Россию. В 1882 г. Камско-Волжское пароходное общество на своем заводе в Нижнем Новгороде построило заднеколесный грузопассажирский пароход «Амазонка». Деревянный корпус имел продольные крепления в виде раскосин. Пароход мог перевозить до 400 т груза и 400 пассажиров, помещения для которых располагались в надстройке. Машины находились в кормовой оконечности. Для компенсации растягивающих усилий в днище, котлы располагались в носовой оконечности. Свободная от машин и котлов средняя часть трюма и вся площадь главной палубы (за вычетом служебных помещений) отводились под груз.

Пароход «Амазонка» хорошо зарекомендовал себя в маловодную навигацию, и в 1883—1884 гг. Камско-Волжское общество построило три подобных судна — «Магдалена» (впоследствии «Великая княгиня Мария»), «Алабама» и «Аллегани», в 1885—1888 гг. еще три парохода такого же типа, но большей грузоподъемности («Аляска», вторая «Магдалена» и «Колумбия»). На Волге эти суда получили нарицательное название «амазонок». Однако этот конструктивный тип, являясь переходным от грузопассажирского к грузовому, не получил широкого распространения. Пароходов типа «Амазонка» всего было построено лишь 8 ед.

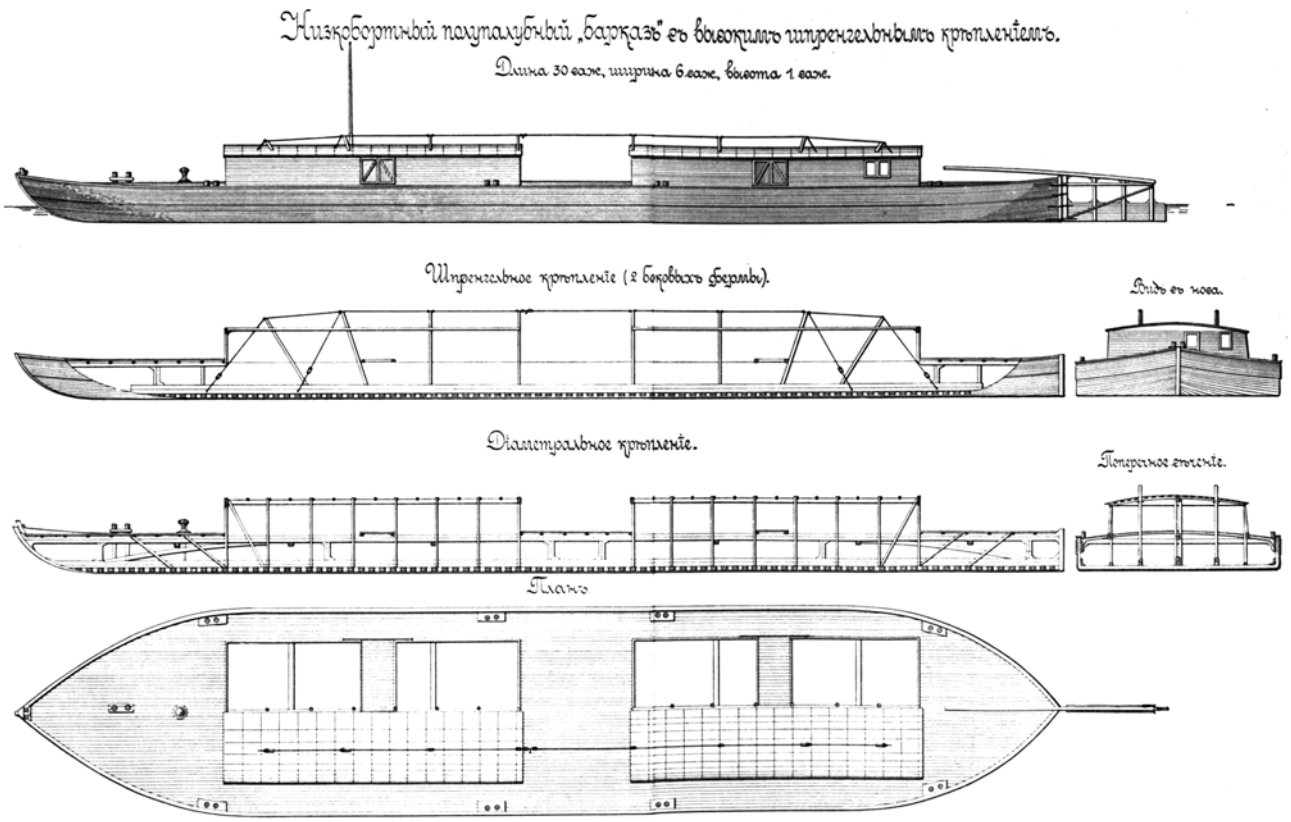
Заднеколесные пароходы использовались на Волге и в качестве грузовых судов. Для быстрой доставки грузов волжские судопромышленники предложили применять более дешевые, чем грузопассажирские пароходы, деревянные паровые баржи с кормовыми гребными колесами. Их проект разработал механик А. И. Губырин, постройка велась в Звенигском затоне на механическом заводе пароходного общества «Дружина» под руководством А. А. Пудова. В 1886—1887 гг. ввели в эксплуатацию три судна: «Новинка», «Звенигский затон» и «Александр Губырин» грузоподъемностью по 740 т (помимо груза перевозились еще и пассажиры 4-го класса).

Для предотвращения провисания оконечностей и обеспечения продольной прочности судно имело в диаметральной плоскости арочную ферму. По скорости (8—12 км/ч против течения) новые суда уступали грузопассажирским пароходам «американской» системы, но были значительно дешевле в постройке и эксплуатации. Эти пароходы получили название «новинок» (по головному судну). Так на Волге появился новый тип самоходных судов — товарные (грузовые) пароходы.

В 1886 г. Мотовилихинский завод на Каме сдал заказчику заднеколесный пароход «Гражданин», но он оказался неудачным. В 1887 г. Коломенский завод построил железный заднеколесный пароход «Россия». Пароходная компания «Дружина» в первой половине 90-х годов построила еще три парохода подобного типа — «Бриллиант», «Жемчужина» и «Яхонт». Пароходство А. А. Зевеке в 1897 г. ввело в эксплуатацию грузопассажирский пароход «Флорида» — восьмой и последний типа «Амазонка».

Некоторые экономические преимущества этих судов перечеркивались недостатками их конструкции, низкой скоростью хода, плохой маневренностью и управляемостью, отсутствием комфорта для пассажиров. Заднеколесные пароходы не смогли удовлетворить крупные волжские пароходные компании, активно занимавшиеся пассажирскими перевозками, поэтому их серийная постройка к концу XIX века прекратилась. Однако в 1911 г. в Молитовском затоне близ Нижнего Новгорода были построены заднеколесные грузопассажирские пароходы «Бирюза» и «Яхонт», а в 1912 г. — «Св. княгиня Ольга» и приблизительно в то же время — «Алмаз». Помимо Волжского бассейна этот конструктивный тип судов получил некоторое распространение на других реках (в частности, на Западной Двине и Амуре).

Заокеанский опыт использовался в России и при постройке несамоходных речных судов. Первые буксируемые баржи появились в США на р. Огайо в 1845 г. Уже в 1848 г. обществом «По Волге» были построены в с. Копаево и Рыбинске первые деревянные баржи для пароходной тяги. По свидетельству П. П. Мельникова, в начале 50-х годов XIX века в Балахне для пароходного общества «Меркурий» корпуса барж начали строить «по американским моделям», но из-за плохой организации производства качество постройки оказалось невысоким. Впоследствии отечественное баржестроение выработ-



Чертежи баркаса со шпренгельным креплением

тало оригинальные типы речных деревянных несамоходных судов большой грузоподъемности, которые в последней четверти XIX века начали заменяться металлическими.

На Оке, Москве-реке и других реках Волжского бассейна к началу XX века получил распространение особый тип несамоходных судов — баркасы, суда «американского» типа с небольшой осадкой грузоподъемностью до 650 т. На палубе монтировалась крытая надстройка для перевозки ценных товаров. Эти суда оказались весьма удобными и при эксплуатации на каналах.

Большое значение при эксплуатации речных пароходов имело повышение коэффициента полезного действия (КПД) движителей, что позволяло снижать эксплуатационные расходы. С 1829 г. в мировом судостроении стали использоваться изобретенные английским инженером Э. Галловеем гребные колеса с поворотными плицами. Они получили название гребных колес Моргана по имени владельца американской фирмы, который наладил их производство. Эта конструкция стала классической и позволила уменьшить вдвое диаметр гребного колеса и повысить его КПД примерно на 10%. К 80-м годам XIX века гребные колеса системы Моргана получили широкое распространение на речных пароходах в России.

К полезным заимствованиям в русском речном судостроении также можно отнести так называемые шпренгельные (или американские) крепления корпусов судов, широко применявшиеся в США. Они использовались на некоторых крупных несамоходных низкобортных грузовых судах и пароходах и состояли из нескольких вертикальных стоек, установленных на двух средних кильсонах и сверху соединенных стальными струнами. Последние стягивались талрепами, шли от носа до кормы, и концы их крепились к кильсонам. Получались две фермы, устранявшие прогиб носовой и кормовой оконечностей. Однако шпренгельные фермы на несамоходных судах применялись редко, так как стесняли грузовые трюмы и загромождали палубу, возвышаясь над ней до 2 м. Шпренгельные фермы имели также некоторые заднеколесные пароходы.

К исходу XIX столетия в России были построены весьма совершенные по тому времени речные паровые суда, которые по праву считались лучшими в Европе. Отечественное речное судостроение стало не только самостоятельной отраслью, но и далеко ушло вперед от воспринятых им зарубежных образцов. Передовой опыт речного судостроения США был творчески переработан в российских условиях и дал хорошие результаты.

Литература

Виргинский В. С. Роберт Фультон. 1765—1815. М., 1965.
Воронин М. Н., Воронина М. М. Павел Петрович Мельников. 1804—1880. Л., 1972.
Дормидонтов Н. К. Конструкция и устройство судов внутреннего плавания. Часть I. Деревянные суда. М.—Л., 1953.
Конструкция и устройство судов внутреннего плавания/*Н. К. Дормидонтов, Л. Г. Лысенко, А. И. Павлов, Г. Б. Терентьев, Н. Л. Шмуйлов.* Часть II . Металлические суда. Л., 1962.
Истомина Э. Г. Водный транспорт России в дореформенный период. М., 1991.
К истории развития пароходства на Волге (записка П. П. Мельникова «Поездка на Волгу»)/Красный архив. 1938. Т. 4, 5 (89, 90).
Калинин В. В. Речное железное судостроение. М.—Л., 1930.
Карпов С. А. Конструкция речных стальных судов. М., 1934.
Речное судоходство в России. М., 1985.
Россия и США: становление отношений. 1765—1815. М., 1980.
Свиньин П. П. Наблюдения русского в Америке. СПб., 1814.
Цыбин В. М. Пароход на Волге. Саратов, 1996.
Шубин И. А. Волга и волжское судоходство. М., 1927.
German Andrew W. Voyages: Stories of America and the Sea. Mystic, Connecticut, 2000.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.553.001.63 **Ключевые слова:** Севмаш, история, основные достижения.

Калистратов Н. Я. Семь десятилетий Севмаша//Судостроение. 2009. № 6. С. 9—10.
Кратко представлены основные вехи развития Севмаша за 70 лет, а также перспективы развития предприятия. Ил. 2.

УДК 629.563.2 **Ключевые слова:** шельф, морская стационарная ледостойкая платформа «Приразломная», Севмаш.

Бородин В. В. Платформа для арктического шельфа//Судостроение. 2009. № 6. С. 13—14.
Рассказывается об опыте ОАО ПО «Севмаш» в изготовлении оборудования и сооружений для обустройства месторождений нефти и газа, в том числе МЛСП «Приразломная», ППБУ MOSS CS50, СПБУ «Арктическая». Ил. 1.

УДК 62-827:629.5 **Ключевые слова:** плавучие приливные электростанции, ортогональные гидротурбины.

Алсуфьев А. В., Жепетов В. А., Сивков А. А. Создание оборудования и объектов приливной энергетики — новое направление инновационной деятельности ОАО ПО «Севмаш»//Судостроение. 2009. № 6. С. 15—18.
Рассказывается о создании на Севмаше наплавных энергоблоков и другого оборудования для приливных и гидроэлектростанций. Ил. 9. Библиогр.: 3 назв.

УДК 658.5.001.7:629.5 **Ключевые слова:** Севмаш, направления деятельности, модернизация производства, реконструкция.

Попов А. Е. Техническое развитие ОАО ПО «Севмаш» с целью создания современного судостроительного комплекса//Судостроение. 2009. № 6. С. 19—21.
Представлены варианты модернизации производственных мощностей ОАО ПО «Севмаш» с созданием сухого строительного дока и на базе действующих производств. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 658.5:621.7.004.6 **Ключевые слова:** машиностроение, судостроение, судотехнология.

Спиридонов Ю. В. Машиностроительное производство Севмаша на пути инновационного развития//Судостроение. 2009. № 6. С. 22—24.
Рассказывается о машиностроительном производстве на Севмаше. Рассматривается деятельность механических цехов, технологическое оборудование и организация производства. Ил. 2.

УДК 061.6:629.5 **Ключевые слова:** неразрушающий контроль, метрология, экспертиза, сертификация.

Гусельников Н. А., Киреенко В. В., Дианова Т. Б. О Научно-исследовательском, технологическом и испытательном центре ОАО ПО «Севмаш»//Судостроение. 2009. № 6. С. 24—27.
Показаны основные этапы становления и развития Научно-исследовательского, технологического и испытательного центра Севмаша. Ил. 1.

УДК 629.5.024.081.4 **Ключевые слова:** корпусное производство, судотехнология.

Куликов В. П. На острие научно-технического прогресса//Судостроение. 2009. № 6. С. 27—29.
О корпусном производстве на Севмаше, технологических схемах изготовления деталей, оборудовании и организации производственных комплексов. Ил. 2.

УДК 621.791.019:629.5.024 **Ключевые слова:** сварка, сборка, деформации, метод конечных элементов.

Алферов В. И., Куликов В. П., Михайлов В. С. Совершенствование технологических процессов изготовления сварных конструкций с использованием МКЭ//Судостроение. 2009. № 6. С. 29—33.
Предлагается методика разработки рациональных процессов сборки и сварки, обеспечивающих снижение остаточных деформаций, уменьшение пригоночных работ и повышение качества изготовления конструкций с использованием расчетных оценок сварочных деформаций судовых корпусных конструкций, выполненных с учетом условий судостроительного предприятия. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 16 назв.

УДК 627.175.002.5:629.561.5 **Ключевые слова:** атомный ледокол, ледоколостроение, проектирование.

Старшинов В. А. Первый в мире атомный ледокол «Ленин»//Судостроение. 2009. № 6. С. 34—38.
Рассказывается о проектировании, постройке и эксплуатации первого в мире атомного ледокола «Ленин». Приводятся чертежи и технические характеристики ледокола. Ил. 7.

УДК 532.517.4 **Ключевые слова:** ветроволновые возмущения, математическая модель, объект, нерегулярное волнение.

Абрамовский В. А. Влияние структуры поля скоростей ветра над волнением на динамику морских объектов//Судостроение. 2009. № 6. С. 41—46.
Представлены результаты решения некоторых задач динамики морских и авиационных объектов в условиях совместного воздействия турбулентного ветра и нерегулярного волнения на основе математической модели ветроволновых возмущений, разработанной с учетом данных гидрофизических исследований структуры приводного слоя атмосферы и динамического взаимодействия ветра и волнения вблизи раздела двух сред. Ил. 11. Библиогр.: 20 назв.

УДК 519.673.629.5 **Ключевые слова:** математическое моделирование, оптимизация, нечеткие множества.

Артюшина Т. Г. Построение модели судна как сложной многоуровневой системы на основе теории нечетких множеств//Судостроение. 2009. № 6. С. 47—49.
Приводятся многоуровневая математическая модель проектирования судна и результаты ее оптимизации, доказывающие возможность применения нечетких множеств для согласования результатов частных оптимизационных задач. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5:621.4[-97 **Ключевые слова:** дизель, турбонаддув, компрессор, электронный блок управления.

Тимофеев В. Н., Степанов Ю. Н. Повышение технико-экономических показателей судовых дизелей совершенствованием систем наддувочного воздуха//Судостроение. 2009. № 6. С. 53—56.
Рассмотрены варианты систем регулирования температуры наддувочного воздуха с использованием современных средств микроэлектроники; их преимущества и недостатки. Ил. 3. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.165...621 **Ключевые слова:** осевая малорасходная турбина, газодинамические характеристики, сопло.

Фершалов Ю. Я., Фершалов А. Ю., Симашов Р. Р. Газодинамические характеристики сопловых аппаратов с малыми углами выхода потока в составе осевой малорасходной турбины//Судостроение. 2009. № 6. С. 56—58.
Показывается возможность применения сопловых аппаратов, имеющих конструктивные углы выхода меньше 9°, с целью повышения эффективности осевых малорасходных турбин. Выявлено влияние на характеристики сопел ряда геометрических и режимных факторов. Представлены выводы, полученные на основании анализа математической модели, разработанной по результатам экспериментальных исследований. Ил. 3. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.752:629.5 **Ключевые слова:** виброизоляторы, динамическая жесткость.

Попков В. И., Воинова О. Н. Об амортизаторах СТВР и АКСС (письмо в редакцию)//Судостроение. 2009. № 6. С. 59—60.
Отмечаются принципиальные неточности в статье «Применение спирально-тросовых виброизоляторов для оборудования морских объектов» Э. Г. Берестовицкого и др., опубликованной в журнале «Судостроение» (2008. № 5. С. 42—43). Предложен способ их устранения. Ил. 2.

УДК 629.5.06.001.2:621.643 **Ключевые слова:** трубопроводы, проектирование, монтаж.

Сахно К. Н. Научные основы проектирования трасс судовых трубопроводных систем//Судостроение. 2009. № 6. С. 60—63.
Рассматриваются вопросы проектирования, изготовления и монта-

жа трубопроводов. Приводятся результаты исследований, связанных с научным обоснованием инженерных методов проектирования судовых трубопроводных систем. Результаты разработки применимы при проектировании трасс трубопроводов независимо от их функционального назначения. Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

УДК 657:621.5

Ключевые слова: композиционные материалы, детали машин, ресурс.

Демурин А. С. Управление качеством композиционных материалов для деталей машин//Судостроение. 2009. № 6. С. 64—67.

Анализируются способы повышения ресурса деталей машин из композиционных материалов на примере роликоопор ленточного конвейера. Ил. 4. Библиогр.: 11 назв.

УДК 629.5(092)

Ключевые слова: пароход, речное судостроение, судно, пароходство.

Климовский С. Д. Американский «след» в речном судостроении России//Судостроение. 2009. № 6. С. 83—89.

Повествуется о становлении речного судостроения в России в середине XIX века и о влиянии американского опыта постройки речных пароходов на развитие пароходостроительной отрасли в России. Ил. 11. Библиогр.: 14 назв.

ABSTRACTS

Kalistratov N. Ya. Seven decades of Sevmash
The landmarks of Sevmash sctivities during 70 years are reviewed in brief, as well as the prospect of its development.

Borodin V. V. Platform for arctic continental shelf
The author describes the experience of JSCo «PO «Sevmash» in manufacturing of equipment and facilities for oil- and gas-fields' development including MISP «Prirazlomnaya», MSDP «MOSS CS-50», SFDR «Arcticheskaya».

Alsufyev A. V., Zhepetov V. A., Sivkov A. A. Creation of equipment and objects of floating power engineering — a new trend of JSC PO «Sevmash» innovation activity
The authors narrate about created by Sevmash floating power generating units and other equipment for floating and hydroelectric power plants.

Popov A. E. Technical development of JSC PO «Sevmash» for the purpose of creation of modern shipbuilding complex
Represented are the versions of modernization of JSC PO «Sevmash» production facilities and creation of dry shipbuilding dock on the basis of functioning production capacities.

Spiridonov Yu. V. Mechanical engineering of Sevmash on the way of innovation development
Analyzed in the article are mechanical engineering at Sevmash, its machine shops, production equipment and industrial engineering

Guselnikov N. A., Kireyenko V. V., Dianova T. B. About scientific-research, technological and test center of JSC PO «Sevmash»
Described in the article are the main stages of formation and development of scientific-research, technological and test center at Sevmash.

Kulikov V. P. On the edge of scientific-technical progress
The author examines hull production at Sevmash, process flow of parts manufacturing, equipment and organization of production complexes.

Alfyorov V. I., Kulikov V. P., Mikhaylov V. S. Improvement of engineering processes of welded hull structures manufacturing using finite-element method
The article represents principles of development of rational assembly and welding processes providing reduction of residual deformations, decrease of fitting operations and improving constructions' manufacturing quality using design estimation of hull structures welding strain performed with provision for shipbuilding yard conditions.

Starshynov V. A. The world's first nuclear powered icebreaker «Lenin»
The author narrates about designing, building and operation of the world's first nuclear powered icebreaker «Lenin» and represents its drawings and technical data.

Abramovsky V. A. Influence of above-the-waves wind velocity field structure on the dynamics of seagoing objects
The article shows the solution results of some problems on dynamics of seagoing and flying objects in conditions of the mutual influence of turbulent wind and irregular waves. These solutions are based on wind-wave disturbances' mathematical model developed on the basis of hydrodynamic investigations of surface atmosphere structure and dynamic interaction of wind and waves close to the area of two media separation.

Artyushyna T. G. Creation of a ship model as a complicated multilevel system on the basis of fuzzy-set theory
The author analyzes multilevel mathematical model of ship designing and presents the results of its optimization that prove possible application of fuzzy sets in order to co-ordinate the results of particular optimization problems.

Timofeyev V. N., Stepanov Yu. N. Improvement of technical-and-economic characteristics of marine diesels due to improvement of supercharging air systems
Examined in the article are some versions of supercharging air temperature control systems using modern microelectronic means, their advantages and disadvantages.

Fershalov Yu. Ya., Fershalov A. Yu., Simashov R. R. Gas-dynamic properties of sets of nozzles with small angles of flow exit being a part of low-rate axial-flow turbine
Analyzed is possible application of sets of nozzles having structural flow exit angles less than 9 degrees with the object of increase of axial-flow low-rate turbines' efficiency. The authors examine the influence of a series of geometrical and mode factors on nozzles properties and present conclusions based on analyses of mathematical model developed as a consequence of experimental research.

Popkov V. I., Voynova O. N. About CTBP and AKCC dampers (a letter to the editor's)
The authors note fundamental inaccuracies found in the article «Using of spiral cable vibration isolators for equipping marine objects» by E. G. Berestovitsky etc. published in «Sudostroenie» magazine (2008, No. 5, pp. 42—43). The abovementioned inaccuracies misinform the designers of marine damping fasteners of equipment. The authors propose a way of inaccuracies elimination.

Sakhno K. N. Scientific foundations of marine pipeline systems designing
The author examines the problems of pipelines' designing, manufacturing and assembly and presents the results of investigations related to scientific grounds of engineering approach of marine pipeline systems designing. The results of the development can be used when designing pipeline routes regardless of their functionality.

Demurin A. S. Quality control of composites for machine elements
Analyzed in the article are composites for belt conveyer idlers. Examined are methods of their overhaul period increase.

Klimovsky S. D. American «trace» in river shipbuilding of Russia
The article represents a story of development of river shipbuilding in Russia in the middle of the 19th century and of the influence of American experience in river ships building on the development of shipbuilding industry in Russia.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» ЗА 2009 ГОД

О развитии подводных сил Военно-Морского Флота России, № 4, с. 3.
Совещание по вопросам развития гражданской морской техники, № 2, с. 3.

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

№ 1, с. 3; № 2, с. 6; № 3, с. 3; № 4, с. 5; № 5, с. 3; № 6, с. 3.

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Абрамовский В. А. Влияние структуры поля скоростей ветра над волнением на динамику морских объектов, № 6, с. 41.
Амосов А. Г. 110 лет со дня рождения В. И. Неганова, № 6, с. 38.
Артюшина Т. Г. Построение модели судна как сложной многоуровневой системы на основе теории нечетких множеств, № 6, с. 47.
Волков В. В., Михайлов Л. В., Шаталов В. В. Новый танкерный флот Казахстана российского производства, № 4, с. 11.
Горбачев Ю. Н. К вопросу о некоторых новых тенденциях при проектировании грузовых судов ограниченного района плавания, № 5, с. 51.
Дятченко С. В. Прогнозирование параметров общей вибрации корпуса рыболовного судна, № 4, с. 15.
Егоров Г. В. Какие суда надо строить? Уроки «Либерти» для отечественного судостроения и судоходства, № 1, с. 17.
Егоров Г. В., Исупов Ю. И., Ильницкий И. А. Нефтеналивные баржи смешанного «река—море» плавания грузоподъемностью 4320 т, № 4, с. 19.
Егоров Г. В., Тонюк В. И. Многоцелевое морское сухогрузное судно проекта DCV33 дедвейтом около 4500 т, № 3, с. 17.
Климашевский С. Н. Инновационный проект арктического танкера, № 2, с. 14.
Кривенцов А. Н., Шестаков С. А., Трохимчук М. В. Несамоходная саморазгружающаяся баржа нового поколения, № 5, с. 52.
Мацкевич В. А., Рязанцев Ю. И. Рыбопромысловые и специальные суда по проектам ЦКБ «Балтсудопроект», № 1, с. 9.
Мизгирев Д. С. Специальные суда для комплексной переработки отходов с целью их последующей рекуперации, № 4, с. 13.
Мытник Н. А. Современное состояние и перспективы развития морских составных судов, № 3, 11.
Нестеров Н. М. Образование шероховатости на подводной обшивке корпуса атомного ледокола, № 5, с. 54.
Новосельцев Е. М., Холоша М. В. О перспективах коммерческого судостроения на Дальнем Востоке России, № 5, с. 44.

«Норильский никель» создал свой арктический флот, № 2, с. 18.
О положении дел в судостроительной промышленности, № 2, с. 12.
Пашков А. П. О парадигме гражданского судостроения, № 5, с. 48.
Плавучий аэродром на Неве. № 1, с. 15.
Проектируется паром для линии Усть-Луга—Балтийск—Засниц, № 1, с. 16.
Проекты судов для Госморспасслужбы, № 1, с. 12.
Рогожина Е. А. Исследование гидродинамических характеристик скега с учетом интерференции корпуса судна на основе метода дискретных вихревых особенностей, № 3, с. 23.
«Саванна», «Отто Ган», «Муцу», «Севморпуть», № 6, с. 39.
Старшинов В. А. Первый в мире атомный ледокол «Ленин», № 6, с. 34.
110 лет Корфаку, № 6, с. 49.

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Александров Н. И., Анитропов В. А., Лямин П. Л., Митрофанов С. А. Создание береговых комплексов перезарядки ядерных реакторов АПЛ на предприятиях судостроительной промышленности, № 3, с. 30.
Алсуфьев А. В., Жепетов В. А., Сивков А. А. Создание оборудования и объектов приливной энергетики — новое направление инновационной деятельности ОАО ПО «Севмаш», № 6, с. 15.
Алферов В. И., Куликов В. П., Михайлов В. С. Совершенствование технологических процессов изготовления сварных конструкций с использованием МКЭ, № 6, с. 29.
Антонов А. М. Водоизмещение и стоимость — единство и борьба противоположностей? № 2, с. 22.
Балакин С. А. Пограничные сторожевые корабли «Киров» и «Дзержинский», № 4, с. 27.
Баскаков И. Я., Гойнкис-Ткачёва И. П., Соколова И. А. К 120-летию со дня рождения П. Г. Гойнкиса, № 5, с. 60.
Баскаков И. Я. К 100-летию со дня рождения В. М. Бурлакова, № 5, с. 64.
Бородин В. В. Платформа для арктического шельфа, № 6, с. 13.
Былинович Е. С., Рязанцев Ю. И. ЦКБ «Балтсудопроект» — отечественному ВМФ, № 3, с. 27.
В Индии заложен первый авианосец, № 2, с. 34.
Горопашная А. В. Логико-вероятностный анализ безопасности кораблей ВМФ при возникновении аварийных ситуаций, № 2, с. 32.
Гусельников Н. А., Киреенко В. В., Дианова Т. Б. О научно-исследовательском, технологическом и испытательном центре ОАО ПО «Севмаш», № 6, с. 24.
Демченко А. П., Одегова О. В. Датчики и системы для кораблей ВМФ, № 3, с. 34.
Заложена АПЛ «Казань», № 4, с. 23.
Имя в судостроении, № 6, с. 11.
Калистратов Н. Я. Семь десятилетий Севмаша, № 6, с. 9.
Коробков О. К. К 95-летию со дня рождения Н. П. Пегова, № 5, с. 65.
Куликов В. П. На острие научно-технического прогресса, № 6, с. 27.
Лазарев А. М. Юбилей ЦМКБ «Алмаз», № 5, с. 58.
Литинский Д. Ю. К 90-летию со дня рождения И. П. Пегова, № 5, с. 66.
Платонов А. В. Артиллерийское вооружение тяжелых крейсеров послевоенных проектов 82 и 66, № 5, с. 67.
Попов А. Е. Техническое развитие ОАО ПО «Севмаш» с целью создания современного судостроительного комплекса, № 6, с. 19.
Пустошный А. В. Развитие военно-морских технологий на выставке MAST 2008, № 2, с. 27.
Спиридонов Ю. В. Машиностроительное производство Севмаша на пути инновационного развития, № 6, с. 22.
Филиппов А. В. Скоростные катера компании «Мобиле Групп», № 4, с. 25.
ЦМКБ «Алмаз»: на лидирующих позициях, № 2, с. 19.
Шляхтенко А. В., Коробков О. К. Корабль противоминной обороны нового поколения, № 1, с. 21.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Горбач В. Д., Петухов В. В., Лямин П. Л., Александров Н. И., Бордученко Ю. Л., Мурамович В. Г. Инновационная технология использования реакторных установок утилизируемых атомных подводных лодок, № 2, с. 36.
Дорощенко А. В. Исследование возможности прогрева паропровода рабочей средой с номинальными параметрами, № 4, с. 33.
Итоги конференции «Развитие двигателестроения в России», № 6, с. 50.
Медведев В. В. Методические рекомендации по прогнозу и оценке рисков при проектировании судовых энергетических установок и их элементов, № 2, с. 41.
Медведев В. В., Семиоличев Д. С. Принципы применения электронных систем управления и систем диагностирования для прогноза технического состояния и оценки рисков, № 4, с. 41.
Новая стратегия развития ОАО «Звезда», № 2, с. 48.
Обозов А. А. Методы визуализации процессов судового дизеля для решения задач технической диагностики, № 1, с. 28.
Романченко М. К., Пахомова Л. В. Методика совершенствования системы виброзащиты на транспорте, № 1, с. 23.
Самсонов А. В. Особенности выбора структурной схемы СЭУ рыболовных траулеров, № 1, с. 24.
Самсонов А. В. Оценка энергетического баланса рыболовных траулеров, № 3, с. 36.
Самсонов А. В., Чурилов В. Л. Учет эксплуатационных факторов при определении мощности главных двигателей рыболовных траулеров, № 2, с. 46.
Сосков В. А. Об отводе продуктов сгорания углеводородного горючего без связи с окружающей средой при работе энергетических установок под водой, № 4, с. 36.
Суменков В. М., Сень Л. И. Модель течения вращающегося потока и распыливания жидкости центробежной форсункой, № 1, с. 31.
Тимофеев В. Н. Повышение топливной экономичности судовых дизелей регулированием температурного режима систем охлаждения, № 5, с. 70.
Тимофеев В. Н., Степанов Ю. Н. Повышение технико-экономических показателей судовых дизелей совершенствованием систем наддувочного воздуха, № 6, с. 53.
Фершалов Ю. Я., Фершалов А. Ю., Симашов Р. Р. Газодинамические характеристики сопловых аппаратов с малыми углами выхода потока в составе осевой малорасходной турбины, № 6, с. 56.
Хватов Б. Н. Влияние состояния поверхностного слоя на гидроабразивную стойкость лопастей гидромашин, № 3, с. 38.

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Все флаги в гости будут к нам, или не будут..., № 4, с. 55.
Демурин А. С. Управление качеством композиционных материалов для деталей машин, № 6, с. 64.
Кантор С. А., Неделько Ю. Е., Морозов В. Б., Ткаченко В. С. Климатическое оборудование для освоения континентального шельфа, № 4, с. 53.
Лобов С. А., Катанович А. А., Черенков А. В. Принципы построения корабельной волоконно-оптической системы контроля безопасности, № 4, с. 44.
Лоза А. А., Лоза А. В. Экономические аспекты применения пароконвектоматов на камбузах кораблей и судов, № 2, с. 50.
Новиков С. С., Таубин А. Г. Влияние межслойного набора на напряженно-деформированное состояние трехслойных металлических обтекателей, № 4, с. 51.
Одегова О. В., Попов А. Л. Системы автоматики российских производителей, № 4, с. 50.
Попков В. И., Воинова О. Н. Об амортизаторах СТВР и АКСС (письмо в редакцию), № 6, с. 59.
Попков В. И., Промыслов Л. А. Конференция «Уменьшение шумности гидрологических систем», № 6, с. 63.
Попов С. В., Гузанов Н. П., Матвиенко С. И. Проблемы проектирования погружных электродвигателей открытого типа, № 1, с. 35.
Потянюхин А. Н., Романченко М. К., Барановский А. М. Проблемы снижения структурной вибрации речных судов, № 4, с. 48.
Сахно К. Н. Научные основы проектирования трасс судовых трубопроводных систем, № 6, с. 60.

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Кочетков И. В., Червяков В. В. Пути повышения эффективности системы управления и контроля корабельной ЭЭС за счет внедрения средств волоконно-оптической техники, № 1, с. 37.
Курносов А. А. Гидроакустическая совместимость широкополосных систем и средств подводных лодок, № 1, с. 41.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Моданов А. С. Методика создания трехмерной модели и выпуска конструкторской документации корпуса корабля в системе Tribon, № 4, с. 58.
Уткин В. Е., Багаев Г. В., Козлов А. В. Использование новых форм представления информации при строительстве и эксплуатации кораблей и судов, № 1, с. 46.

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

«Газпром» осваивает шельф, № 2, с. 56.
Замуков В. В., Бабуркин А. Е., Дорощенко А. В., Степанов В. С. Сравнительный анализ стоимости создания плавучей атомной теплоэлектростанции с водо-водяной и жидкометаллической реакторной установкой, № 2, с. 53.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Антонова Н. П., Куликов В. П. Применение каркасного способа изготовления сложных секций и блоков судов и кораблей в ПО «Севмаш», № 2, с. 61.
Аранович В. Ю., Лещенко А. В., Родионов В. Г., Вайнер Л. М. Особенности технологии изготовления деталей соединительных переходов для полупогружной платформы «Moss CS50», № 3, с. 47.
Гаврилюк Л. П. Концепция модернизации судостроительного производства, № 2, с. 57.
Герасимов Н. И., Голланд В. А., Тепляшин М. В., Галахов В. П., Ткаченко С. В. Современные материалы и технологии герметизации пористости литья, № 1, с. 50.
Герасимов Н. И., Жуков А. К. Концептуальные направления технологии сборки и монтажа перспективных атомных энергетических установок при постройке плавучих атомных теплоэлектростанций, № 3, с. 43.
Горбач В. Д. Центр технологии судостроения и судоремонта: задачи и перспективы, № 4, с. 62.
Мореходов М. А. Современная сборка судов — новые технологии, № 2, с. 64.
Сахно К. Н. Разработка системы подготовки судостроительного производства с использованием программных средств, № 5, с. 73.
Фомичев А. Б., Игошин Е. В. Основные задачи совершенствования технологии изготовления деталей судового набора из профильного проката, № 4, с. 66.

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Грабельников В. Ю., Добровенко С. В., Куликов К. Н., Чернаенко Л. М., Борисов А. С. Выгрузка вспененного полистирола из цистерн главного балласта утилизируемых АПЛ с помощью вакуумной установки, № 1, с. 55.
Лямин П. Л., Анитропов В. А., Александров Н. И. Проблемы обеспечения безопасности при утилизации судов атомного технологического обслуживания, № 1, с. 58.
Краморенко А. В. Базовый элемент в судоподъеме, № 3, с. 50.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Барбанель Б. А. Итоги Всероссийского конкурса «Инженер года», № 3, с. 63.
Блиц-новости, № 1, с. 22, 45; № 2, с. 35, 52; № 3, с. 35, 55, 61; № 4, с. 71, 81, 83; № 5, с. 43, 72, 75; № 6, с. 67.
Богаченко И. П. К 80-летию со дня рождения Н. И. Кваши, № 6, с. 74.
Более 750 судов ходят с голубыми картами «Ингосстраха», № 4, с. 61.
«Варандей» для «Лукойла», № 1, с. 54.
В Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, № 2, с. 68; № 6, с. 68.
В. Г. Карзов — к 80-летию со дня рождения, № 4, с. 82.
Владиславу Трофимовичу Томашевскому — 80 лет, № 3, с. 64.
Выставки и конференции в 2009 году, № 1, с. 68.
Главному Морскому музею России — 300 лет, № 1, с. 63.
Григорьев Б. В. К столетию со дня рождения М. Г. Русанова, № 6, с. 71.
Зарубежная информация, № 1, с. 70; № 2, с. 76. № 3, с. 67; № 5, с. 80; № 6, с. 78.
Конференция «ИММОД-2009», № 6, с. 73.
Крупнейший контейнеровоз ДВМП, № 3, с. 69.
К 75-летию Владимира Григорьевича Пешехонова, № 3, с. 62.
Международный конгресс по конструкции судов и морских сооружений ISSC 2009, № 5, с. 78.
Морское наследие России, № 2, с. 75.
Морской перегрузочный комплекс на месторождении им. Юрия Корчагина, № 6, с. 82.
На заседании Морской коллегии, № 1, с. 62.
Новая технология соединения труб, № 1, с. 71; № 3, с. 66.
Новые книги, № 6, с. 75.
Обсуждаются проекты судов для Якутии, № 5, с. 76.
Памятка автору, № 2, с. 49.
Пленум ЦП РосНТО, № 4, с. 80.
По экспозиции МВМС-2009, № 4, с. 72.
Пялов В. Н., Николаев В. Ф., Антонов Г. Н. Слово о В. П. Макееве, № 5, с. 77.
Рогачев Г. М. «Хранить вечно», № 4, с. 78.
Сазонов К. Е. XLIII Крыловские чтения, № 6, с. 70.
Скляренко А. Б. Окрасочно-сушильные камеры «Митра», № 3, с. 65.
Хаустов А. Н. «The Tall Ships Races Baltic 2009» в Санкт-Петербурге, № 5, с. 79.
Хаустов А. Н. Volvo Ocean Race — финиш в Санкт-Петербурге, № 4, с. 82.
Чуксанов О. В., Афонин Н. Н. Вклад НПО «Ритм» в повышение технического уровня судостроительного производства (1970—1990 гг.), № 3, с. 56.
Чуксанов О. В., Афонин Н. Н. Начало пути. Союзный трест «Оргсудопром» (1939—1947 гг.), № 1, с. 64.
Чуксанов О. В., Афонин Н. Н. Становление отраслевого центра технологии судостроения (1948—1969 гг.), № 2, с. 69.
Чуксанов О. В. От НПО «Ритм» к ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (1990—2009 гг.), № 4, с. 75.
Юбилейная «Нева-2009», № 6, с. 69.

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Андриенко В. Г. Ледокольные пароходы «Таймыр» и «Вайгач», № 4, с. 90.
Васильев Д. М. Парусно-винтовой корвет «Рында», № 3, с. 81.
Гребенщикова Г. А. 84-пушечные корабли адмирала М. П. Лазарева, № 4. с. 84.
Иванов И. В. Генерал-лейтенант М. Н. Гринвальд, № 5, с. 89.
Климовский С. Д. Американский «след» в речном судостроении России, № 6, с. 83.
Климовский С. Д. Российское судостроение и флот во второй четверти XIX века, № 3, с. 72.
Кондратенко Р. В. Первые миноноски Российского флота, № 1, с. 77.
Кондратенко Р. В. Ракетный плот адмирала Чистякова, № 5, с. 84.
Платонов А. В. Главный калибр крейсеров типа «Кронштадт», № 4, с. 87.
Платонов А. В. Главный калибр линкоров типа «Советский Союз», № 2, с. 80.
Скворцов А. В. Переход линкора «Парижская коммуна» и крейсера «Профинтерн» на Черное море, № 3, с. 77.
Черников И. И. Канонерские лодки типа «Красная Звезда», № 1, с. 80.
Яровой В. В. Вспомогательный крейсер «Русь», № 1, с. 75.
Яровой В. В. Крейсер «Орел», № 2, с. 84.
Яровой В. В. Паровая яхта «Ливадия», № 5, с. 85.

ISSN 0039—4580. Судостроение. 2009. № 6. 1—92.